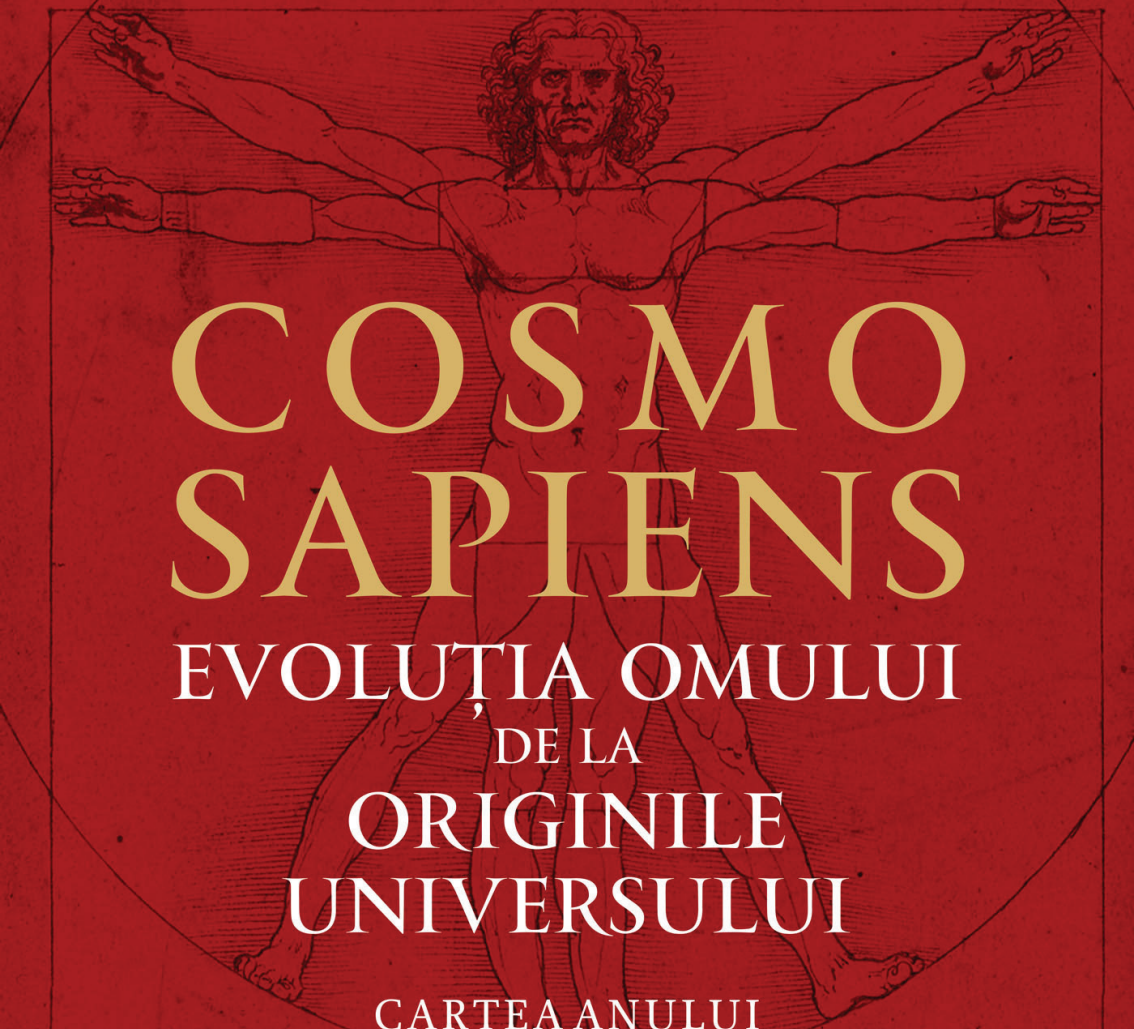
O călătorie îndrăzneață prin tot ce ne învață știința despre originea și evoluția omului în univers.

—E.O. WILSON—

JOHN HANDS



COSMO SAPIENS

EVOLUȚIA OMULUI DE LA ORIGINILE UNIVERSULUI

CARTEA ANULUI

—*THE TIMES LITERARY SUPPLEMENT*—

O carte bine scrisă și provocatoare.

—*LIBRARY JOURNAL*—

ebook HUMANITAS

John Hands (n. 1945), profesor, autor de nonficțiune și romancier recunoscut internațional, a studiat chimia la Universitatea din Londra, a predat apoi la diferite universități din Statele Unite și din Marea Britanie (Harvard; New School for Social Research, New York; Universitatea din California, Berkeley; University of North London) și a fost bursier al prestigiosului University College London. A dedicat peste zece ani evaluării teoriilor științifice actuale, activitate ce s-a concretizat în cuprinzătorul volum *Cosmosapiens: Human Evolution from the Origin of the Universe* (2015), considerat Cartea Anului 2015 de revista *The Times Literary Supplement* și una dintre cele mai bune cărți de știință ale aceluiași an de revista *The Telegraph*. Hands, ale cărui opere de ficțiune și nonficțiune au fost traduse în nouă țări, a mai publicat volumele *Housing Co-operatives* (1975), *Perestroika Christi* (1990), *Darkness at Dawn* (1993), *Brutal Fantasies* (1995).

JOHN HANDS

COSMO SAPIENS

EVOLUȚIA OMULUI DE LA ORIGINILE UNIVERSULUI

Traducere din engleză de
Carmen Strungaru și Doru Căstăian

HUMANITAS
BUCUREȘTI

Redactori: Marieva Ionescu, Alexandru Anghel
Coperta: Ioana Nedelcu
Tehnoredactor: Manuela Măxineanu
DTP: Andreea Dobreci, Dan Dulgheru

John Hands
Cosmosapiens: Human Evolution from the Origin of the Universe
Copyright © 2015 by John Hands
All rights reserved.

© HUMANITAS, 2020, pentru prezenta versiune românească (ediția digitală)

ISBN 978-973-50-6776-2 (pdf)

EDITURA HUMANITAS
Piața Presei Libere 1, 013701 București, România
tel. 021/408 83 50, fax 021/408 83 51
www.humanitas.ro

Comenzi online: www.libhumanitas.ro
Comenzi prin e-mail: vanzari@libhumanitas.ro
Comenzi telefonice: 0723.684.194

În memoria iubitei mele soții, Paddy Valerie Hands

CUPRINS

Mulțumiri 17

1. Cercetarea 21

PARTEA ÎNTÂI. Apariția și evoluția materiei

2. Miturile originilor 29

Teme principale 29
Haosul sau apa primordiale Scufundătorul divin Oul cosmogonic Părinții lumii Rebeliunea copiilor Sacrificiul Lupta primordială Creația din nimic Ciclul etern

Explicații 33
Adevărul literal Metafora Aspecte ale realității absolute Adevărul arhetipal Experiența fetală Înțelegerea limitată a fenomenelor naturale Nevoia politică și culturală Intuiția

Ce spun dovezile și rațiunea 38

Motive pentru persistența miturilor 39

Influența asupra gândirii științifice 39

3. Apariția materiei: teoria științifică ortodoxă 41

Prima jumătate a secolului XX 41

Teoria curentă: Big Bangul 45
Baza teoretică Supoziții simplificatoare: izotropia și omnicentrismul

Probleme ale teoriei Big Bangului 48
Monopolul magnetic Omogenitatea Izotropia radiației cosmice de fond (problema orizontului) Caracterul plat (Omega)

Soluția oferită de teoria inflației 53

Validitatea modelului inflaționar al Big Bangului 54
Credibilitatea teoriei de bază Dovezi aduse în favoarea teoriei de bază Credibilitatea teoriei inflației Dovezi aduse în favoarea teoriei inflației

Concluzii 64

4. Ce nu reușește să explice teoria științifică ortodoxă 65

Singularitatea 65
Raportul observat dintre materie și radiație 66
Materia întunecată și Omega 67
Energia întunecată 69
Reglajul fin al parametrilor cosmologici 72
Creația din nimic 72
Concluzii 75

5. Alte conjecturi cosmologice 76

Universul fără hotare din teoria Hartle-Hawking 76
Inflația haotică eternă 78
Viteza variabilă a luminii 79
Universul oscilant 81
Selecția naturală a universurilor 81
Gravitația cuantică cu bucle 84
Cosmologia stării cvasistaționare 85
Cosmologia plasmei 89
Chintesența 91
Universul ekpyrotic ciclic 92
Peisajul de posibilități al teoriei corzilor 98
Probleme ale teoriei corzilor 99
Universul definit 103
Concluzii 104

6. Probleme întâmpinate de cosmologie ca mijloc explicativ 105

Dificultăți practice 106
Limitele detecției Probleme legate de măsurători
Interpretarea datelor 108
Vârsta universului Supernovele de tip 1a cu deplasare spre roșu Accelerația aparentă a ratei de expansiune a universului Deplasarea spre roșu Fluctuațiile radiației cosmice de fond Afirmații exagerate Datele WMAP Confirmarea de către telescopul Planck a dovezilor contradictorii Selectivitatea datelor Legea interpretării datelor
Teorii inadecvate 118
Limitele teoriei cuantice și ale teoriei relativității Oportunitatea relativității generale Realitatea lumii cuantice Infiniți într-un cosmos fizic Inadecvarea matematicii
Limitările intrinsece ale științei 123
Concluzii 123

7. Rezonabilitatea conjecturilor cosmologice 124

Aria de acoperire a conjecturilor cosmologice 124
Cauza legilor fizicii Natura legilor fizicii Natura matematicii

Testarea conjecturilor cosmologice 127
Frumusețea Parcimonia Concordanța internă Concordanța externă cu dovezile Concordanța externă cu alte teorii științifice

Originea universului 128
Modelul ortodox: Big Bangul Conjecturile multiversului Modelele „eterne“

Forma universului 130
Reglajul fin al parametrilor cosmologici Explicația multiversului

Concluzii 136

8. Evoluția materiei la scară mare 138

Forțele fundamentale ale naturii 138
Interacțiunea gravitațională Interacțiunea electromagnetică Interacțiunea tare Interacțiunea slabă

Evoluția materiei conform cosmologiei ortodoxe actuale 143
Big Bangul fierbinte

Structura universului. 150

Cauzele care au dus la structura actuală a universului 152
Cauzele care au dus la neomogenitățile inițiale Cauzele care au dus la structurile mari Cauzele care au dus la formarea stelelor Explicație alternativă

Evoluție continuă? 161
Galaxiile care se susțin singure la nesfârșit Universul fractal Big Crunch Moartea termică pe termen lung Moartea termică pe termen scurt

Concluzii 164

9. Evoluția materiei la scară mică. 166

Evoluția nucleelor elementelor. 166
Elementele de la heliu la fier Elementele mai grele decât fierul Producerea de elemente prin radiație cosmică Stelele de a doua și a treia generație Elementele produse Reglajul fin al parametrilor nucleari

Formarea atomilor 172
Legile mecanicii cuantice Principiul de excluziune al lui Pauli Reglajul fin al parametrilor atomici

Evoluția atomilor 174
Metode de legare Unicitatea carbonului

Molecule în spațiu. 178

Concluzii 178

10. Tiparul evoluției materiei 180

Concordanța cu legile științifice cunoscute. 180
Principiul conservării energiei Principiul creșterii entropiei

Contradicții ale principiului creșterii entropiei 184
Sistemele locale Universul

11. Reflecții și concluzii cu privire la apariția și evoluția materiei 192

Reflecții 192

Concluzii 195

PARTEA A DOUA. Apariția și evoluția vieții

12. O planetă potrivită pentru viață 203

Condiții necesare pentru formele de viață cunoscute 203
Elementele esențiale și moleculele Masa planetei Intervalul temperaturilor Surse de energie Protecția față de radiațiile nocive și impacturi Stabilitatea

Formarea Pământului și a biosferei 207
Caracteristicile Pământului Formarea

Este Pământul special? 226
Perspectiva ortodoxă Dovezi care pun la îndoială perspectiva ortodoxă

Concluzii 234

13. Viața 237

Viața din perspectiva lumii antice 237

Dezvoltarea perspectivei științifice asupra vieții 239

Presupusa armonie între perspectiva tradițională și știința modernă 240
Medicina alternativă Ipotezele câmpurilor

Răspunsul științei ortodoxe 243

Perspectiva științifică ortodoxă asupra vieții 244

Caracteristici atribuite vieții 246
Reproducerea Evoluția Reacția la stimuli Metabolismul Organizarea Complexitatea

Definiții ale vieții 249
Smolin și sistemul auto-organizat Fritjof Capra și rețeaua vieții Evitarea scopului McFadden și viața cuantică

O definiție provizorie a vieții 253

Concluzii 254

14. Apariția vieții 1: dovezile 255

Dovezile directe 255
Fosilele Extremofilele

Dovezile indirecte 260
Analizele genetice Strămoș comun universal?

Dimensiunea, complexitatea, structura și funcționarea celei mai simple celule ... 264
Dimensiunea Componentele și structura Părțile externe Formele schimbătoare ale proteinelor

Concluzii 270

15. Apariția vieții 2: ipotezele 273
Supa primordială a lui Oparin și Haldane ARN autoreplicant Peptide autoreplicante Substratul bidimensional Originea extraterestră Proiectul

inteligent Principiul antropic Emergența cuantică Complexitatea autoorganizată Teoria emergenței
Concluzii ... 295

16. Dezvoltarea ideilor științifice despre evoluția biologică ... 297

Ideile preevoluționiste ... 297
Aristotel Creaționismul Linné
Dezvoltarea ideilor evoluționiste ... 299
De Maillet Buffon Erasmus Darwin Hutton Lamarck Geoffroy Wells Grant Matthew
Wallace ... 304
Charles Darwin ... 306
Un gânditor original? Contribuția lui Darwin Problemele ipotezei lui Darwin Darwinismul
Ortogeneza ... 319
Kropotkin și ajutorul reciproc ... 320
Observații esențiale Ajutorul reciproc Fundamentele empirice
Simbiogeneza ... 324
Mendel și ereditatea ... 326
Experimentele Legile lui Mendel
Neodarwinismul ... 327
Biologia moleculară ... 329
Principii ale biologiei ortodoxe ... 331
Consecințele paradigmei actuale ... 332

17. Dovezile evoluției biologice 1: fosilele ... 334

Specia ... 334
Fosilele ... 339
Sărăcia registrului fosil Interpretarea Registrul fosil Fosilele de tranziție Extincția speciilor Registrul fosil al animalelor și plantelor Evoluția mamiferelor Reconstituirea evoluției omului pornind de la registrul fosil
Concluzii ... 359

18. Dovezile evoluției biologice 2: analiza speciilor vii ... 361

Structurile omologe ... 361
Vestigiile ... 362
Biogeografia ... 363
Embriologia și dezvoltarea ... 364
Modificările speciilor ... 365
Selecția artificială Speciile din natură Definiția speciei
Biochimia ... 375
Genetica ... 375
Genomica ... 377
Concluzii ... 379

19. Dovezile evoluției biologice 3: comportamentul speciilor vii 380

Speciile unicelulare 381
Speciile pluricelulare 382
Genele 382
Plantele 384
Insectele 384
Peștii 386
Suricatele 387
Primatele 387
Asocierile dintre specii 388
Concluzii 389

20. Descendența omului 391

Arbori filogenetici 391
Taxonomia descendenței umane 395

21. Cauzele evoluției biologice: explicația ortodoxă actuală 401

Paradigma actuală 402
Ce nu poate explica ortodoxia neodarwinistă 404
Staza și speciația bruscă Speciația Speciația imediată: poliploidia Reproducerea asexuată Transferul orizontal de gene Embriologia și dezvoltarea organismelor Genotipuri și fenotipuri ADN-ul „deșeu“ Moștenirea caracteristicilor dobândite Colaborarea Complexificarea progresivă

22. Ipoteze complementare și concurente 1: complexificarea 418

Proiectul inteligent 419
Teoria echilibrului punctat 420
Apariția bruscă 421
Selecția stabilizatoare 422
Teoria neutralistă 423
Duplicarea întregului genom 424
Epigenetica 425
Omologia profundă și evoluția paralelă 426
Convergența evolutivă 426
Teoria emergenței 428
Complexitatea autoorganizată 429
Legile evoluției genomului 431
Ingineria genetică naturală 432
Biologia sistemică 433
Ipoteza Gaia 434
Cauzalitatea formativă 435

23. Ipoteze complementare și concurente 2: colaborarea 438

Sociobiologia 438
Selecția grupală Altruismul bazat pe înrudire sau valoarea selectivă inclusivă „Altruismul reciproc“ Teoria jocurilor Dovezile empirice Gena egoistă Gena genială Selecția pe mai multe niveluri

Colaborarea 451
Ajutorul reciproc Simbiogeneza

24. Evoluția conștiinței 458

Evoluția comportamentului 458
Bacteriile și arheele Eucariote: unicelulare Eucariote: animale Tiparul evolutiv

Corelațiile fizice ale dezvoltării conștiinței 465
Sistemul nervos Sistemul nervos în descendența umană

25. Reflecții și concluzii cu privire la apariția și evoluția vieții 477

Reflecții 477

Concluzii 482

PARTEA A TREIA. Apariția și evoluția omului

26. Apariția omului 501

Ce este omul? 501
Definiția propusă Dovezi ale conștiinței reflexive

Strămoșii omului 505
Dovezile și problemele pe care le pun Tribul de hominini Genul *Homo*

Cele mai vechi urme ale speciei *Homo sapiens* 518
Uneltele Simboluri și ornamente Schimburi comerciale? Traversarea mării Ritualurile de înmormântare și incinerare Picturi, figurine și fluiere Limbajul

Cum s-a încheiat apariția omului 526

Ipoteze explicative 527
Modelul multiregional Înlocuirea sau modelul originii africane recente Modelul asimilarii Originile africane recente și modelul hibridizării Modelul revoluției umane Modelul gradualist

Ipoteze privind cauzele apariției omului 529
Mutația genetică Modificarea climei în estul Africii Modificările climatice la nivel global

Concluzii 532

27. Evoluția omului 1: gândirea primitivă 534

Cum a evoluat omul 534
Fizic Genetic Noetic

Evoluția gândirii primitive 537
De la grupurile nomade de vânători-culegători la comunitățile sedentarizate de agricultori De la așezările agricole la orașele-stat și imperii Dezvoltarea

scrierii Bazele astronomiei și matematicii Dezvoltarea credințelor și religiilor
Concluzii ... 559

28. Evoluția omului 2: gândirea filozofică ... 563

Apariția gândirii filozofice ... 563
India China Europa Orientul Mijlociu America Centrală
Evoluția gândirii filozofice ... 572
India China Europa
Ramificarea gândirii filozofice ... 583
Panorama evoluției noetice ... 587
Concluzii ... 589

29. Evoluția omului 3: gândirea științifică ... 592

Apariția gândirii științifice ... 594
Științele medicale Științele vieții Științele fizice
Evoluția gândirii științifice ... 599
Științele fizice Științele vieții Științele medicale Psihologia Interactivitatea și subramurile hibride Tendința convergentă Rezultatele gândirii științifice

30. Unicitatea omului ... 618

Perspectiva ortodoxă actuală ... 618
Ego-antropocentrismul Identitatea genetică Diferențe comportamentale care țin numai de grad, nu și de natură
Comportamentele specific umane ... 621

31. Concluzii și reflecții cu privire la apariția și evoluția omului ... 625

Concluzii ... 625
Reflecții ... 632
Reducerea agresivității Motive pentru reducerea agresivității Globalizarea Complexificarea Tendința avangardei Convergența Hominizarea Dualitatea schimbătoare a naturii umane Integrarea tiparelor în dovezi

PARTEA A PATRA. Un proces cosmic

32. Limitările științei ... 649

Limitările din domeniul științei ... 649
Observația și măsurătoarea Datele Subiectivitatea Metoda Teoria Știința deficitară
Limitările domeniului științei ... 636
Experiențele subiective Conceptele și valorile sociale Ideile netestabile Probleme metafizice
O altă posibilă limitare ... 669

33. Reflecții și concluzii asupra evoluției omului ca proces cosmic 670
Reflecții 670
Concluzii 672

NOTE 679

BIBLIOGRAFIE 707

GLOSAR 717

CREDITELE ILUSTRAȚIILOR 733

Mulțumiri

Este imposibil să-i numesc pe toți cei care m-au ajutat să duc această carte la bun sfârșit. Lista include autori ale căror studii sau articole le-am consultat. Secțiunea de note de la sfârșitul acestui volum include referințe complete, în funcție de an și de autor, la cele mai multe dintre cărțile și lucrările academice pe care le-am consultat, precum și la lucrările ample și semnificative care mi-au fost de folos. Detalii complete cu privire la cărțile și la articolele importante apar în bibliografia de la final. Distincția este arbitrară, pentru că unele dintre lucrările academice sunt cuprinzătoare, iar multe dintre cele mai importante au fost incluse în bibliografie, deși încerc pe cât posibil să nu creez o bibliografie enormă.

Dintre numeroșii specialiști care m-au ajutat cu expertiza lor, le sunt în mod special îndatorat celor care au acceptat să parcurgă manuscrisul și să-mi semnaleze eventualele erori, omisiuni, concluzii nerezonabile, precum și să facă alte comentarii. Îi voi numi mai jos, în funcție de mai multe domenii generale de studiu, fiecare dintre ele conținând multe alte subdomenii relevante pentru cercetarea de față. Am ținut cont de postul ocupat de fiecare dintre ei la momentul la care i-am consultat.

Mitologie: Charles Stewart și Mukulika Banerjee, Senior Lecturers, Departamentul de Antropologie, University College London (UCL).

Cosmologie și astrofizică: George Ellis, Dinstinguished Professor of Complex Systems, Departamentul de Matematică și Matematică Aplicată, University of Cape Town; Paul Steinhardt, „Albert Einstein" Professor of Science, Princeton University; Ofer Lahav, Perren Chair of Astronomy, Head of Astrophysics, UCL; Bernard Carr, Profesor de Astronomie, Queen Mary, University of London; Geoffrey Burbidge, Profesor de Astronomie, University of California, San Diego; Javant Narlikar, Profesor Emerit, Inter-University Centre for Astronomy and Astrophysics, Pune, India; Jon Butterworth,

Profesor de Fizică, Șeful Departamentului de Fizică și Astronomie, UCL; Serena Viti, Reader, Departamentul de Fizică și Astronomie, UCL; Eric J. Lerner, Președinte al Lawrenceville Plasma Physics, Inc.

Filozofie: Tim Crane, Profesor, Șeful Departamentului de Filozofie, UCL, Director al Institutului de Filozofie și, mai târziu, Knightbridge Professor of Philosophy, University of Cambridge; Hasok Chang, Profesor de Filozofia Științei, UCL.

Știință planetară și atmosferică: Jim Kasting, Distinguished Professor, Pennsylvania State University.

Geologie: John Boardman, Reader in Geomorphology and Land Degradation, University of Oxford.

Istoria științei: Adrian Desmond, biograf și Honorary Research Fellow, Departamentul de Biologie, UCL; Charles Smith, Profesor și Science Librarian, Western Kentucky University; John van Whye, fondatorul și directorul proiectului The Complete Works of Charles Darwin Online; James Moore, biograf și Profesor la Departamentul de Istorie, Open University; James Le Fanu, medic și istoric al științei și medicinei.

Apariția și evoluția vieții: profesor Adrian Lister, Merit Researcher, Departamentul de Paleontologie, Natural History Museum; Jim Mallet, Profesor la Departamentul de Genetică, Evoluție și Mediu, UCL; Johnjoe McFadden, Profesor de Genetică Moleculară, University of Surrey; Mark Pallen, Profesor de Genomică Microbiană, University of Birmingham; Chris Orengo, Profesor de Bioinformatică, UCL; Jerry Coyne, Profesor la Departamentul de Ecologie și Evoluție, University of Chicago; Lynn Margulis, Distinguished Professor, University of Massachusetts; Jim Valentine, Profesor Emerit, Departamentul de Biologie Integrativă, University of California, Berkeley; Jeffrey H. Schwartz, Profesor de Antropologie Fizică și de Istoria și Filozofia Științei, University of Pittsburgh; Hans Thewissen, Profesor de Anatomie la Departamentul de Anatomie și Neurobiologie, Northeastern Ohio Universities College of Medicine; Rupert Sheldrake, biolog celular și director al Perrott-Warrick Project, finanțat de Trinity College, Cambridge; Simon Conway Morris, Profesor de Paleobiologie Evoluționistă, University of Cambridge; Francis Heylighen, Research Professor, Free University of Brussels; Jonathan Fry, Senior Lecturer, Departamentul de Neuroștiințe, Fiziologie și Farmacologie, UCL; Thomas Lentz, Profesor Emerit de Biologie Celulară, Yale University School of Medicine; Richard Goldstein, de la Secția de Biologie Matematică, National Institute for Medical Research, Londra; Avrion Mitchison, Profesor Emerit de Anatomie Zoologică și Comparativă, UCL.

Comportamentul animal: Volker Sommer, Profesor de Antropologie Evoluționistă, UCL; Alex Thornton, Drapers' Company Research Fellow, Pembroke College, Cambridge; Heikki Helanterä, Academy Research Fellow,

University of Helsinki; Simon Reader, profesor asociat la Departamentul de Biologie, McGill University.

Apariția oamenilor: Robin Derricourt, istoric arheolog, University of New South Wales; C. Owen Lovejoy, Profesor la Departamentul de Antropologie, Kent State University; Tim White, Profesor la Departamentul de Biologie Integrativă, University of California, Berkeley.

Evoluția oamenilor: Steven LeBlanc, Profesor de Arheologie, Harvard University; John Lagerwey, Profesor la Centrul de Studii Est-asiatice, Chinese University of Hong Kong; Liz Graham, Profesor de Arheologie Mezoamericană, UCL; Subhash Kak, Regents Professor of Computer Science, Oklahoma State University; Fiona Coward, doctor în Științe Arheologice, Bournemouth University; Dorian Fuller, conferențiar specialist în Arheobotanică, UCL; Pat Rice, Profesor Emerit la Departamentul de Sociologie și Antropologie, West Virginia University; Damien Keown, Profesor de Etică Budistă, Goldsmiths, University of London; Stephen Batchelor, profesor și autor, specialist în budism; Naomi Appleton, Chancellor's Fellow in Religious Studies, University of Edinburgh; Simon Brodbeck, lector al Școlii de Istorie, Arheologie și Religie, Cardiff University; Chad Hansen, Profesor de Filozofie, University of Hong Kong; Gavin White, autor al Babylonian Star-Lore; Magnus Widell, Lector de Asiriologie, University of Liverpool; Stephen Conway, Profesor și Șef al Departamentului de Istorie, UCL; Bruce Kent, fondator și vicepreședinte al Mișcării de Abolire a Războiului; Dean Radin, Chief Scientist, Institute of Noetic Sciences.

Charles Palliser, romancier, mi-a oferit sugestii asupra anumitor capitole din punctul de vedere al unui nespecialist.

Dacă au mai rămas eventuale greșeli, sunt responsabilitatea mea. Nu toți specialiștii consultați sunt de acord cu concluziile la care am ajuns pe baza dovezilor. Am încercat să obțin mai ales comentariile celor ale căror lucrări arătau că susțin poziții contrare. Cu unii dintre ei am purtat o corespondență voluminoasă, în care îmi atrăgeau atenția asupra unor dovezi de care nu știam, dădeau o interpretare diferită dovezilor sau pur și simplu îmi puneau în discuție argumentele. Apreciez enorm aceste schimburi care mi-au îmbunătățit manuscrisul și concluziile. Alții au fost suficient de deschiși la minte încât să recunoască faptul că, după ce au reflectat suficient, au fost de acord cu concluziile mele. Unii specialiști nu erau de acord cu alți colegi din domeniul lor de activitate.

Deși întrebările despre ce suntem, de unde venim și de ce ne aflăm aici m-au fascinat încă de când eram elev, ideea de a face cercetări în privința acestor subiecte și de a scrie o carte despre ele mi-a venit în 2002. După ce am devenit Royal Literary Fund Fellow la University College London, în 2004, am beneficiat de veniturile, mediul și biblioteca de care aveam nevoie

pentru a-mi duce la capăt proiectul și, astfel, cartea a-nceput să prindă contur în 2006. Sunt foarte recunoscător pentru sprijinul oferit UCL și colegilor mei de acolo, celor de la Graduate School, studenților pe care i-am îndrumat și de la care am avut în consecință de învățat și RLF, pentru că a finanțat bursa. Sunt de asemenea recunoscător Consiliului Artelor din Anglia, care în 2009 mi-a acordat un grant literar ce mi-a permis să-mi folosesc cea mai mare parte din timp pentru a scrie și a citi. Katie Aspinall a fost atât de amabilă, încât mi-a pus la dispoziție cabana ei din Oxfordshire, ceea ce mi-a permis perioade îndelungate de reflecție neîntreruptă.

Când prietenii mei au vrut să-și arate sprijinul pentru munca depusă, mi-au spus că proiectul e ambițios. Atunci când au vrut să fie realiști, mi-au spus că este nebunesc. În momentele de luciditate, am fost de acord cu a doua variantă. Îi datorez enorm agentului meu, Caspian Dennis, de la Abner Stein, care a avut încredere în acest proiect și s-a priceput să-l ofere editorului potrivit la momentul potrivit. Andrew Lockett, nou-numitul director editorial de la Duckworth, a fost intrigat de propunerea noastră și, în prima lui săptămână de lucru, ne-a invitat să-l vizităm. Proiectul avea nevoie de aprobarea proprietarului editurii, Peter Meyer, fondator, de asemenea, al Overlook Press din New York. Interviul extrem de politicos, dar și extrem de riguros, pe care l-am avut cu Peter în timpul uneia dintre deplasările mele la Londra m-a făcut să înțeleg de ce, vreme de douăzeci de ani, el a fost cel mai important și mai inovator editor din lume, incluzând aici cei optsprezece ani în care a condus Penguin Books. Andrew a susținut publicarea cărții și a oferit comentarii editoriale neprețuite. Echipa sa, compusă din Melissa Tricoire, Claire Eastham, Jane Rogers și David Marshall s-a arătat, de asemenea, plină de entuziasm, reușind să producă o carte atractivă și accesibilă și s-o aducă în atenția potențialilor cititori. La fel de entuziaști au fost și Nikki Griffits, succesorul lui Andrew în funcția de director editorial, și Deborah Blake, redactorul cărții. Le sunt, de asemenea, recunoscător lui Tracy Carns și Erik Hane, de la Overlook Press.

Londra, 2015

CAPITOLUL 1

Cercetarea

> ...dacă vom descoperi o teorie completă, ea ar trebui, în timp, să poată fi înțeleasă în principiu de toată lumea, nu doar de câțiva oameni de știință. Atunci vom putea cu toții, filozofi, oameni de știință și oameni obișnuiți, să luăm parte la discuția cu privire la motivul pentru care noi și Universul existăm. Dacă vom afla răspunsul, acesta va fi triumful suprem al rațiunii umane – pentru că atunci vom afla cum gândește Dumnezeu. — Stephen Hawking, 1988

> Când vom fi reușit să punem cap la cap suficiente cunoștințe sigure, vom înțelege cine suntem și de ce suntem aici...
> — Edward O. Wilson, 1988

Ce suntem? Și de ce ne aflăm aici? Iată niște întrebări care i-au fascinat pe oameni vreme de cel puțin 25.000 de ani. În vasta majoritate a timpului, am încercat să răspundem la aceste întrebări prin credințe supranaturale. Abia cu 3.000 de ani în urmă am început să căutăm răspunsurile prin interogație filozofică și prin reflecție. Acum 150 de ani, *Originea speciilor* a lui Charles Darwin a marcat începutul unei abordări cu totul noi. Metoda empirică adoptată de Darwin a dus în cele din urmă la ideea că suntem produsul evoluției biologice. Cu 50 de ani în urmă, cosmologii au ajuns la concluzia că materia și energia din care suntem alcătuiți își au originea într-un Big Bang din care a apărut universul. Iar acum vreo 30 de ani specialiștii în neuroștiințe au început să arate cum ceea ce vedem, auzim, simțim și gândim se corelează cu activitatea neuronilor din anumite părți ale creierului.

Toate aceste realizări spectaculoase în știință au fost posibile datorită unor progrese corespunzătoare în tehnologie care au produs, la rândul lor, o creștere exponențială a datelor. Aceasta a dus apoi la ramificarea câmpului preocupărilor științifice în subdomenii tot mai înguste și mai specializate ale cercetării. În timpurile recente, nimeni nu s-a dat înapoi de la a cerceta și ultima frunză din arborele evolutiv pentru a afla cu ajutorul lui ce suntem, de unde venim și de ce existăm.

În această carte exact asta voi încerca să fac: să văd ce informații de încredere ne poate oferi știința, prin observație sistematică și experiment, despre motivul și modul în care am evoluat de la originea universului și dacă ceea ce suntem ne face diferiți de toate celelalte animale.

Voi încerca să mă achit de această sarcină în patru părți. În prima parte, voi analiza explicațiile pe care le oferă știința cu privire la apariția și evoluția materiei și energiei din care suntem alcătuiți. În partea a doua voi analiza apariția și evoluția vieții, întrucât suntem materie vie, iar în partea a treia ne vom ocupa de apariția și evoluția omului. În partea a patra voi încerca să văd dacă dovezile prezintă anumite tipare coerente care să-mi permită să trag niște concluzii.

În fiecare dintre aceste părți voi descompune întrebarea fundamentală *ce suntem?* în întrebările componente care constituie obiectul de cercetare al unor domenii specializate, voi încerca să identific în publicațiile recunoscute la nivel academic, pentru fiecare domeniu, răspunsuri susținute de dovezi empirice mai degrabă decât derivate din speculații și credințe nefondate și voi căuta tipare care să ne permită să tragem anumite concluzii. Numai dacă o astfel de abordare nu va reuși să-mi ofere o explicație satisfăcătoare voi cerceta corectitudinea ipotezelor și conjecturilor și voi lua în considerare alte posibile metode de cunoaștere, precum intuiția.

Îi voi ruga atunci pe specialiștii din fiecare domeniu (pe care i-am numit în secțiunea de mulțumiri) să vadă dacă nu s-au strecurat erori factuale, omisiuni sau concluzii nerezonabile în rezultatele mele provizorii.

La finalul fiecărui capitol, voi trece în revistă concluziile la care am ajuns, pentru a le pune la îndemâna cititorilor care vor dori să sară peste părțile mai tehnice ale cărții.

Unele dintre întrebările din această carte m-au fascinat încă de când eram pe băncile școlii. În afară de faptul că am colaborat la două studii științifice, că am scris o carte în domeniul științelor sociale și că am avut timp de patru ani o catedră *part-time* de fizică la Open University, nu am avut activitate practică de cercetare și, în acest sens, nu sunt calificat pentru sarcina la care m-am înhămat. Pe de altă parte, puțini oameni de știință posedă astăzi cunoștințe în afara domeniului în care s-au pregătit și activează.

Anticipez că mulți asemenea specialiști vor obiecta că nu am scris suficient de detaliat despre domeniul lor. Dacă așa va fi, pledez dinainte vinovat. Eu încerc să scriu o carte, nu o bibliotecă, așa că sunt nevoit să extrag esențialul pentru a prezenta o imagine de ansamblu a evoluției umane: o imagine a ceea ce suntem și a motivului pentru care suntem aici.

În ciuda eforturilor mele de a corecta greșelile, anumite detalii s-ar putea dovedi totuși incorecte, și îmi asum întreaga responsabilitate. De asemenea, există riscul ca altele să fie depășite prin prisma unor noi descoperiri care ar putea să apară între scrierea și publicarea cărții, dar așa este știința, avansează, spre deosebire de credințe. Sper totuși ca volumul să ofere un cadru cuprinzător pe care alții să-l poată folosi ca punct de pornire și să-l îmbunătățească.

Majoritatea oamenilor de pe planetă nu acceptă totuși că suntem rezultatul unui proces evolutiv. Continuă să creadă tot felul de mituri care ne explică originea. Voi începe, așadar, cu un capitol în care voi încerca să văd care sunt aceste mituri, cum de au rezistat cinci secole de când a început revoluția științifică și cum au influențat ele gândirea științifică.

În mare parte, neînțelegerea provine din faptul că oamenii folosesc același cuvânt pentru a desemna lucruri diferite: înțelesurile se schimbă în timp și în funcție de contextul cultural. Pentru a reduce cât mai mult riscul unor neînțelegeri, voi preciza sensul exact pe care-l am în vedere în cazul oricărui cuvânt important și potențial ambiguu atunci când îl folosesc prima oară și voi reuni toți acești termeni în glosarul de la sfârșitul cărții, care include și definițiile unor termeni tehnici de neevitat.

Primul termen care trebuie definit este „știință". Provine din latinescul *scientia*, care înseamnă „cunoaștere". Diferitele tipuri de cunoaștere pot fi dobândite, sau așa-zis dobândite, în moduri diferite. Cam de prin secolul al XVI-lea a ajuns să însemne cunoaștere despre lumea naturală – neînsuflețită și însuflețită – obținută prin observație și experiment, spre deosebire de cunoașterea obținută doar prin reflecție, introspecție sau revelație. Prin urmare, o definiție a științei trebuie să includă mijloacele prin care este obținută acea cunoaștere. Modul în care înțelegem știința în acest moment poate fi rezumat astfel:

știință Încercarea de a înțelege și de a explica fenomenele naturale folosind observații și experimente sistematice, de preferat măsurabile, și de a reflecta asupra cunoașterii astfel obținute pentru a infera legi verificabile și a face predicții sau retrodicții.

retrodicție Rezultat care a apărut în trecut, dar este dedus sau prezis pe baza unei legi sau teorii științifice ulterioare.

Știința încearcă să formuleze o lege, sau o teorie mai generală, pentru a explica felul invariabil în care se manifestă un sistem de fenomene. Folosim o astfel de lege sau de teorie pentru a prevedea rezultate ulterioare, aplicându-le unor fenomene specifice în cadrul sistemului. De exemplu, în cadrul sistemului obiectelor care se mișcă aplicăm legile newtoniene ale mișcării pentru a anticipa cum se va deplasa o rachetă lansată în anumite circumstanțe.

Știința poate să ne ofere informații și despre fenomene din trecut. Un exemplu de retrodicție este faptul că din teoria plăcilor tectonice putem deduce că fosile similare datând dinainte de fragmentarea supercontinentului Pangeea, cu aproximativ 200 de milioane de ani în urmă, vor fi găsite de-a lungul coastelor de vest ale Americii de Sud, complementare cu coastele de est ale Africii de Sud.

Din secolul al XVIII-lea, studiul fenomenelor naturale s-a extins la oameni și la relațiile sociale. Utilizarea metodei științifice în astfel de studii a dus, până în secolul al XIX-lea, la apariția științelor sociale, un termen-umbrelă care se referă la discipline precum arheologia, antropologia, sociologia, psihologia, științele politice sau chiar istoria. Voi trece în revistă descoperiri relevante din aceste domenii în partea a treia.

Unii consideră matematica o știință, dar câmpul ei de studiu se întinde mult dincolo de fenomenele naturale, iar teoriile ei nu pot fi testate empiric. În contextul investigației noastre, cred că este mai bine să etichetăm matematica drept un limbaj în care o parte din știință, în special legile ei, poate fi exprimată.

Termenul „teorie" are, în știință, un sens mai specific decât în limbajul cotidian, însă chiar și în știință adesea nu se face o distincție clară între termenii „teorie" și „ipoteză". De aceea, e util să vedem care e diferența dintre cele două.

> **ipoteză** Teorie provizorie construită pentru a explica un fenomen sau un ansamblu de fenomene și folosită ca punct de plecare pentru o investigație mai avansată; se ajunge de obicei la o ipoteză fie prin observație, fie prin raționamente inductive, atunci când dovezile examinate se dovedesc insuficiente; orice ipoteză trebuie să fie falsificabilă.

Criteriul falsificabilității a fost propus de filozoful științei Karl Popper. În practică acest lucru poate să nu fie chiar simplu de obținut, dar cei mai mulți oameni de știință acceptă azi principiul că, pentru a diferenția între o ipoteză științifică și o simplă conjectură sau convingere, cea dintâi trebuie să fie supusă unor teste empirice care să poată s-o falsifice.

> **teorie** Explicația unui ansamblu de fenomene care a fost confirmată printr-un număr de experimente sau observații independente și este folosită pentru a face predicții sau retrodicții riguroase cu privire la acest ansamblu de fenomene.

Cu cât o teorie științifică poate explica o gamă mai largă de fenomene, cu atât este mai utilă. Pentru că știința avansează prin descoperirea de noi dovezi și folosirea unor instrumente de gândire tot mai inovative, o teorie științifică poate fi modificată sau respinsă pe baza unor dovezi care o contrazic, însă nu poate fi niciodată dovedită în totalitate. Totuși, anumite teorii sunt considerate azi foarte bine întemeiate. De exemplu, în vreme ce teoria conform căreia Pământul se află în centrul universului, iar Soarele și alte stele se învârt în jurul lui a fost respinsă, teoria conform căreia Pământul se învârte în jurul Soarelui a fost validată de atât de multe observații și predicții

riguroase, încât este acceptată ca un fapt bine stabilit. Însă nici chiar acest fapt s-ar putea să nu rămână valabil pentru totdeauna. Cu siguranță, lucrurile nu vor mai sta așa în aproximativ 5 miliarde de ani, când, așa cum estimează majoritatea studiilor, Soarele va deveni o gigantă roșie care se va extinde până când va cuprinde și va pârjoli Pământul.

Orice cercetare este în mare măsură influențată de convingerile anterioare. Eu am fost crescut și educat să fiu un bun catolic, am devenit ateu, iar acum mă consider agnostic. Nu am idei preconcepute cu privire la teism, deism și materialism. Chiar nu știu care e adevărul. Dar tocmai această neștiință m-a făcut să mă lansez cu entuziasm în încercarea de a descoperi, pe baza dovezilor științifice, ce anume suntem și ce am putea deveni. Îi invit pe cititorii cu mintea deschisă să mi se alăture în această călătorie.

PARTEA ÎNTÂI

Apariția și evoluția materiei

CAPITOLUL 2

Miturile originilor

> Vreau să știu cum a creat Dumnezeu această lume.
>
> —Albert Einstein, 1955

> Lumea și timpul au avut același început. Lumea nu a fost creată în timp, ci odată cu timpul. —Sfântul Augustin, 417

Începând cu data de 11 februarie 2003[i], explicația standard a științei, prezentată de obicei ca fapt dovedit, este că, acum 13,7 miliarde de ani, universul (incluzând aici spațiul și timpul, precum și materia și energia) a apărut sub forma unui punct incandescent cu o densitate infinită și o temperatură incredibil de mare, care s-a extins apoi și s-a răcit ajungând la forma pe care o vedem azi. Acesta este Big Bangul din care am apărut.

Înainte să vedem dacă știința poate explica evoluția noastră din materie și energie, voi trece în revistă miturile originilor care sunt crezute de o vastă majoritate a populației lumii. Este instructiv să examinăm ideile principale ale acestor mituri, diversele moduri în care le-au explicat sociologii, dacă aceste explicații trec testul soliditățiidovezilor sau raționamentelor, de ce miturile respective au rezistat timpului și în ce măsură au influențat gândirea științifică.

TEME PRINCIPALE

Fiecare cultură care a existat vreodată are unul sau mai multe mituri cu privire la felul în care au apărut universul și oamenii: a înțelege de unde venim este parte a dorinței specific umane de a înțelege ce anume suntem.

Rig Veda, cel mai vechi text sacru al omenirii și cea mai importantă scriere a ceea ce numim acum hinduism, are trei astfel de mituri în cea de-a zecea carte a imnurilor închinate zeilor. *Brahmanele*, părțile secunde ale fiecărei

[i]) Ziua în care cercetătorii de la NASA au anunțat că sonda Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP) a confirmat modelul Big Bang și le-a permis să estimeze cu o precizie fără precedent vârsta universului, cu o marjă de eroare de doar 1%. Pe 21 martie 2013, cercetătorii de la Agenția Spațială Europeană au anunțat că datele colectate de telescopul spațial Planck sugerau că vârsta ar trebui revizuită puțin, fiind de 13,82 miliarde de ani.

vede, dedicate ritualurilor, propun alte asemenea mituri, în vreme ce majoritatea *Upanișadelor*, scrieri care povestesc experiențele mistice ale clarvăzătorilor, atașate prin tradiție la finalul vedelor[i], exprimă în moduri diferite o viziune unică cu privire la originea universului.[1] Culturile iudeo-creștină și islamică împărtășesc, în mare, o anume explicație a creației, în timp ce alte culturi au propriile explicații. Chinezii au cel puțin patru asemenea mituri ale originilor, cu diverse versiuni. Deși fiecare mit este diferit[2], există nouă teme recurente, iar unele se întrepătrund.

Haosul sau apa primordială

Multe mituri povestesc despre un haos preexistent, uneori imaginat ca o întindere de apă, din care un zeu apare pentru a crea lumea sau diverse părți ale ei. Pelasgii, care au pătruns în peninsula greacă venind din Asia Mică pe la 3500 î.Hr., au adus cu ei povestea zeiței creatoare Eurynome, care a apărut goală din Haos.[3] Miturile heliopolitane din Egipt, datând din mileniul al IV-lea î.Hr., vorbesc despre Nu, abisul primordial al apelor, din care apare Atum, care creează lumea prin masturbare. În jurul anului 2400 î.Hr., Atum a ajuns să fie identificat cu Ra, zeul Soarelui, iar apariția lui a fost identificată cu răsăritul Soarelui și cu destrămarea întunericului haotic.

Scufundătorul divin

Alte mituri, răspândite prin Siberia, Asia și în rândul anumitor triburi amerindiene vorbesc despre un animal preexistent – deseori o broască țestoasă sau o pasăre – care se scufundă în oceanul primordial pentru a aduce o bucată de pământ care crește apoi formând întreaga lume.

Oul cosmogonic

În anumite părți ale Indiei, Asiei, Europei și Pacificului, sursa creației este un ou. Satapatha Brahmana spune că din apele primordiale a luat ființă zeul creator Prajapati, sub forma unui ou de aur. După un an, el sparge oul și încearcă să vorbească. Primul său cuvânt devine pământul, al doilea aerul ș.a.m.d. În mod similar, o versiune a mitului chinez al lui P'an Ku începe cu un mare ou cosmic înăuntrul căruia embrionul lui P'an Ku plutește în haos. În mitul orfic grec al creației, care datează din secolul al VII-lea sau al VI-lea î.Hr. și care contrastează cu miturile homerice, timpul este cel care creează oul de argint al cosmosului din care iese zeitatea bisexuală Phanes-Dionysos, ce poartă cu sine sămânța tuturor zeilor și tuturor oamenilor și care creează cerul și pământul.

---

[i]) Vezi glosarul de la sfârșitul cărții pentru explicații mai detaliate ale acestor termeni.

Părinții lumii

O temă larg răspândită vorbește despre tatăl lumii – de obicei cerul – care se împreunează cu mama lumii – de obicei pământul – pentru a da naștere elementelor lumii. Adeseori ei rămân într-o îmbrățișare sexuală, indiferenți la copiii lor, precum într-un străvechi mit maori.

Rebeliunea copiilor

În câteva mituri, copiii se revoltă împotriva părinților. Copiii din mitul maori – păduri, plante comestibile, oceanele și omul – se luptă cu părinții pentru spațiu. Probabil cel mai cunoscut mit de acest fel este *Teogonia* compusă de poetul grec Hesiod în secolul al VIII-lea î.Hr. Acolo sunt povestite rebeliunile mai multor generații de zei împotriva părinților lor, dintre care primii au fost Haosul, Pământul, Tartarul (lumea de jos) și Eros (dragostea); în cele din urmă triumfător va fi Zeus.

Sacrificiul

Ideea creației prin intermediul sacrificiului apare adeseori. Mitul chinez al lu P'an Ku spune: „Lumea nu a început până când P'an Ku nu a murit. Doar moartea lui a putut desăvârși universul. Din craniul lui a fost sculptată bolta cerului, iar din carnea lui s-a făcut pământul din care cresc lanurile [...]. Din viermii care i-au acoperit corpul a apărut omenirea."[4]

Lupta primordială

Marea epopee babiloniană, *Enuma Eliș*, descrie luptele dintre zeii sumerieni și zeitățile locale ale Babilonului, Marduk și urmașii săi. Marduk îi ucide pe zeița originară supraviețuitoare, Tiamat, și pe monștrii Haosului, stabilește ordinea și devine zeul suprem, creatorul universal: întreaga natură, inclusiv oamenii, îi datorează existența. Mituri similare apar peste tot în lume, de exemplu victoria zeilor celești masculini ai invadatorilor arieni asupra zeițelor fertile ale pelasgilor și cretanilor.

Creația din nimic

Motivul creației din nimic apare numai în câteva mituri. Totuși, acest mit nu este doar unul dintre cele mai răspândite în aceste moment, ci și explicația științifică favorizată în prezent.

Cea mai veche versiune apare în Rig Veda. Cercetările arheoastronomice recente pun la îndoială datarea realizată în secolul al XIX-lea de Max Müller și susțin argumentul tradiției indiene; ele conchid că această versiune s-a format într-o perioadă de aproximativ două milenii, începând în jurul anului 4.000 î.Hr.[5] În cea de-a zecea și ultima carte, imnul 129 spune:

„Pe-atunci nu era nefiinţare ori fiinţă, văzduh nu era şi nici cerul de sus [...] Prin sineşi cel unic sufla făr' de suflu şi-afară de el n-a mai fost altceva."[i]

Această idee este dezvoltată în *Upanişade*, cele mai importante fiind scrise probabil între anii 1000 şi 500 î.Hr. În *Chandogya Upanishad* este rezumată această viziune centrală: „Universul vine din Brahman şi se va întoarce în Brahman. De bună seamă, Brahman este Totul." Unele *Upanişade* folosesc metafore, alegorii, parabole, dialoguri şi anecdote pentru a-l înfăţişa pe Brahman drept o realitate ultimă care există în afara spaţiului şi timpului, din care provine totul şi din care este format totul. El este interpretat în general ca fiind Conştiinţa Cosmică, Spiritul Cosmic sau Zeitatea Supremă care trece dincolo de toate formele.

Daoismul exprimă o idee similară. Principalul text daoist, cunoscut în China drept *Lao-Tzu*, iar în Europa drept *Tao te Ching*, a fost probabil compilat între secolele al VI-lea şi al III-lea î.Hr. El sugerează unicitatea şi eternitatea lui Dao, Calea. Dao este „nimic", în sensul că nu este „un lucru": este lipsit de nume şi de formă, este matricea a tot ce există şi forma a tot ce există. Calea, sau Nimicul, dă naştere existenţei, existenţa dă naştere contrariilor yin şi yang, iar yin şi yang dau naştere tuturor lucrurilor: femeie şi bărbat, pământ şi cer ş.a.m.d.

Prima carte a scripturilor evreieşti, scrisă nu mai devreme de sfârşitul secolului al VII-lea î.Hr.[6], începe cu următoarele cuvinte: „La început, a făcut Dumnezeu Cerul şi Pământul"[7]. Următorul verset descrie Pământul în termeni care amintesc de miturile haosului apelor primordiale, apoi, după ce Dumnezeu spune „să fie lumină!", iar lumina este creată, ea va fi separată de întuneric în prima zi a creaţiei. În următoarele cinci zile, el va crea în acelaşi fel toate celelalte lucruri din univers.

În Coran, scris în secolul al VII-lea d.Hr., Dumnezeu creează Cerul şi Pământul în acelaşi fel, prin poruncă.[8]

Ciclul etern

Mai multe mituri care îşi au originea în India neagă faptul că universul ar fi fost creat şi susţin că a existat dintotdeauna şi că acest univers etern se dezvoltă în cicluri.

Buddha a spus, în secolul al V-lea î.Hr., că încercarea de a dezlega tainele originii universului aduce nebunie celor care se încumetă.[9] Asta nu i-a împiedicat, desigur, pe adepţii săi să încerce. Ei au aplicat viziunea lui că toate lucrurile sunt impermanente, că apar tot timpul şi devin, se află într-o schimbare permanentă şi dispar, cu rezultatul că majoritatea şcolilor budiste îşi învaţă astăzi discipolii că universul se extinde şi se contractă, se dizolvă în nefiinţă şi reintră apoi în fiinţă, într-un ritm etern.

---

[i]) Trad. din sanscrită de Constantin Făgăţean (*Origini. Caiete Silvane*, Revistă de studii culturale, Zalău, nr. 2 (2002), pp. 96–97 (*n. red.*).

Este posibil să fi fost influențați de jainiști, al căror maestru, Tirthankara (ad litteram Cel care deschide calea – adică cel care te ajută să traversezi râul renașterilor și să ajungi la starea eliberării supreme a sufletului), a început să predice înaintea lui Buddha, în estul Indiei. Jainiștii susțin că universul este increat și etern. Timpul este ca o roată cu douăsprezece spițe care măsoară *yuga* sau vârstele lumii, fiecare având o durată de mii de ani. Șase dintre spițe formează un arc ascendent în care cunoașterea și fericirea omenești cresc, în timp ce în arcul descendent format din celelalte spițe aceste atribute descresc. Atunci când ciclul va ajunge în punctul său cel mai de jos, chiar și jainismul va dispărea. Apoi, în timpul creșterii din următorul ciclu, cunoașterea jainistă va fi redescoperită și va fi introdusă de noi maeștri, doar pentru a se pierde din nou când se va ajunge iarăși în punctul cel mai de jos, în mișcarea fără de sfârșit a roții timpului.

Această viziune este similară în cele mai multe credințe de tip yogin, care derivă din filozofia vedică. De obicei, acestea afirmă că există numai patru *yuga*. Prima, Satya Yuga sau Krita Yuga, durează 1.728.000 de ani, în timp ce a patra, Kali, durează numai 432.000 de ani. Trecerea de la Satya la Kali se asociază cu o deteriorare treptată a bunei conduite, *dharma*, care se manifestă printr-o scădere a duratei vieții omenești și a calității standardelor morale ale oamenilor. Din nefericire, ne aflăm acum în era Kali.

EXPLICAȚII

Numeroasele explicații ale acestor mituri ale originilor pot fi grupate în cinci categorii.

Adevărul literal

Din moment ce fiecare mit al originilor este diferit, nu pot fi toate literal adevărate. Totuși, anumite culturi susțin că mitul *lor* este literal adevărat. 63% dintre americani cred că Biblia este cuvântul lui Dumnezeu și că este literal adevărată[10], în timp ce majoritatea covârșitoare[i] a celor 1,6 miliarde de musulmani din întreaga lume cred în adevărul literal al Coranului pentru că el ar reprezenta cuvântul lui Dumnezeu, scris în ceruri pe o tăbliță și dictat lui Mahomed de către Arhanghelul Gavril.

Mulți dintre cei care cred în adevărul literal al Bibliei iau de bun calculul făcut de James Ussher pe baza textului Genezei, care a arătat că actul creației, care a durat șase zile, a fost desăvârșit într-o sâmbătă, pe 22 octombrie 4004 î.Hr., la ora 6 p.m.[ii][11] Cu toate acestea, majoritatea covârșitoare a dovezilor

[i]) Ramurile mistice și moderniste ale islamului sunt acum marginalizate, vezi Ahmed (2007).

[ii]) Din moment ce Ussher (1581–1656) a fost arhiepiscop de Armagh, în Irlanda, putem presupune că aceasta este ora meridianului Greenwich.

geologice, paleontologice și biologice, folosind datarea radiometrică a rocilor, fosilelor și miezului de gheață arată o vârstă a Pământului de cel puțin 4,3 miliarde de ani. Datele astronomice arată că universul are 10–20 de miliarde de ani. Dovezile împotriva adevărului literal al credinței creaționiste sunt concludente.[12] Mai mult, a crede în adevărul literal al Bibliei înseamnă a crede cel puțin două versiuni contradictorii ale mitului creației. În Geneză 1: 1–26, Dumnezeu creează plantele și copacii în cea de-a treia zi, peștii și păsările în cea de-a cincea zi, animalele la începutul celei de-a șasea zile, iar bărbatul și femeia, după chipul și asemănarea Lui, la sfârșitul celei de-a șasea zile. În Geneză 2, pe de altă parte, Dumnezeu creează întâi bărbatul din țărână; abia după aceea creează o grădină unde face să crească plante și copaci, apoi creează din pământ toate păsările și animalele – peștii nu sunt menționați – și abia la sfârșit va crea femeia din coasta bărbatului.

Pentru adepții adevărului literal al Coranului este, de asemenea, ilogic să creadă că Dumnezeu a creat Pământul și cerurile în opt zile (Sura 41: 9–12) și, apoi, că a creat Pământul și cerurile în șase zile (Sura 7: 45).

Metafora

Barbara Sproul, unul dintre cei mai importanți cercetători ai miturilor originilor, spune că, deși nu pot fi literal adevărate simultan, toate miturile folosesc metafore pentru a-și exprima adevărul. Ea citează ca dovadă numai interpretarea pe care o dă antropologul Marcel Griaule explicației unui șaman dogon care susține că mitul tribului său trebuie exprimat în termenii lumii de jos. În rest, autoarea explică semnificațiile diverselor mituri ale originilor. În miturile heliopolitane, zeul creator care generează lumea prin masturbare reprezintă dualitatea internalizată care exprimă orice altă dualitate și, astfel, „devine sacru și dezvăluie natura realității numai dacă înțelegem ce anume semnifică aceasta“[13]. Sproul nu oferă totuși nici o dovadă că oamenii care au creat aceste mituri și cu atât mai puțin populația de acum 5000 de ani a Heliopolisului împărtășeau acest fel de a înțelege lucrurile.

Pentru celelalte exemple pe care le citează, este greu de evitat impresia că nu face altceva decât să-și proiecteze propriile interpretări de sfârșit de secol XX asupra miturilor analizate. Dacă 63% din populația țării care cunoaște cea mai avansată tehnologie crede că mitul Genezei este literal adevărat, este rezonabil să presupunem că triburile nomade de acum 4000 de ani sau chiar și scribii regelui Iosua de acum două milenii și jumătate își priveau miturile ca pe o metaforă?

Deși este rezonabil ca, pe baza contextului în care au apărut, să presupunem că *anumite* mituri ale originilor, precum cele din *Upanișade*, folosesc deliberat metafora, Sproul nu oferă dovezi care să demonstreze că majoritatea acestor mituri ar fi fost înțelese de popoarele străvechi altfel decât în sens literal.

Aspecte ale realității absolute

Sproul susține că toate religiile afirmă existența unei realități absolute care este simultan transcendentă (adevărată în toate timpurile și spațiile) și imanentă (adevărată aici și acum) și că „numai miturile creației au drept scop primordial afirmarea acestei realități“[14]. Mai mult, colecția ei de mituri ale creației „nu arată vreo diferență esențială în privința semnificației; arată mai degrabă o similaritate între viziuni care au la bază o mare varietate de puncte de vedere“[15].

Astfel, multe dintre miturile originilor vorbesc despre principii opuse: lumină și întuneric, spirit și materie, masculin și feminin, bine și rău ș.a.m.d. Cele mai profunde dintre aceste mituri vorbesc despre dualitatea dintre Ființă și Nonființă, precum *Chandogya Upanishad*, care afirmă că Nonființa a fost produsă din Ființă, în timp ce altele, precum un mit maori, afirmă că Nonființa însăși este sursa întregii Ființe și a întregii Nonființe. Unii văd originea tuturor contrariilor în Haos, unde se află, potențial, toate opozițiile. Creația apare atunci când Haosul se coagulează și prinde formă, acționând apoi asupra a tot ce e încă neformat pentru a produce noi contrarii și a crea astfel lumea. „Care este realitatea absolută aici? Haosul însuși? Sau copilul Haosului care acționează asupra lui? *Ambele*. Sunt unul și același lucru.“[16]

Diferențele apar doar pentru că miturile vorbesc despre ceea ce nu poate fi cunoscut în termenii a ceea ce e cunoscut, de obicei prin antropomorfizare sau prin folosirea unor termeni relativi pentru a descrie ceea ce este absolut. Conform lui Sproul, chiar și budiștii, jainiștii și yoghinii, care resping creația, nu văd universul lor etern ca fiind separat de un altul care ar fi fost creat; miturile care vorbesc despre originile universului nu fac altceva decât să temporalizeze: vorbesc despre absolut în termenii originarului.

Afirmația că toate miturile originilor arată aspecte ale aceleiași realități absolute este fascinantă. Totuși, ea nu este susținută de nici un fel de dovezi concludente. Se explică mai degrabă prin dorința lui Sproul de a interpreta aceste mituri în acord cu propriile convingeri și cu ceea ce constituie realitatea absolută.

Adevărul arhetipal

Sproul, care a fost studenta lui Joseph Campbell, consideră că miturile creației nu sunt importante numai pentru valoarea lor istorică, ci și pentru că dezvăluie anumite adevăruri arhetipale, care ne ajută să ne înțelegem propria dezvoltare „fizică, mentală și spirituală în contextul unui flux ciclic al ființei și neființei și, în cele din urmă, în unirea absolută dintre cele două.“[17]

Modul în care folosește psihologia lui Campbell, jungiană la bază, nu oferă însă o explicație convingătoare.

Experiența fetală

Darryl Reanney, specialist în biologia moleculară, sugerează că tema comună a apelor preexistente, întunecate și lipsite de formă, din care apar lumina și universul, ar putea fi explicată prin amintirile fătului cu privire la experiența lichidului amniotic, mediul întunecat, lipsit de formă și hrănitor din pântecul mamei. „Experiența nașterii întipărită în creierul prenatal face ca miturile să dezvolte anumite configurații de imagini simbolice care ating corzi extrem de sensibile ale psihologiei noastre."[18] Pentru a dovedi această afirmație, el arată că activitatea electrică poate fi înregistrată în cortexul cerebral al fătului începând de prin luna a șaptea (cercetările mai recente arată că această activitate apare înainte de luna a șasea).

Aceasta este o conjectură interesantă, dar e greu de prevăzut cum anume ar putea fi validată sau infirmată.

Eu sugerez alte trei explicații.

Înțelegerea limitată a fenomenelor naturale

Atunci când s-au dezvoltat aceste mituri, omenirea se afla într-o etapă a evoluției sale în care cele mai multe culturi aveau o înțelegere greșită sau limitată a forțelor naturale și, în afară de estul Indiei și de unele părți din China, nu apăruse încă reflecția filozofică.

Elementul primordial al apei, prezent în multe mituri, poate fi pus pe seama faptului că numeroase populații din neoliticul târziu își ridicau așezările pe malul unei ape. Beau din ea și o foloseau la treburile casnice, dar și pentru a-și iriga recoltele. Apa era sursa vieții și fertilității; înainte de apariția cetăților, era frecvent asociată cu spiritul sau cu zeița vieții.

Cele mai multe mituri provin din culturile din Epoca Bronzului, care nu cunoșteau știința, în afară de astronomie. Atunci când erau întrebați cum a apărut lumea, înțelepții se inspirau din propria experiență a procreației. Oamenii și animalele au fost create prin unirea sexuală a mamelor și taților lor și, prin urmare, lumea trebuie să fi fost creată prin unirea dintre un tată și o mamă. Pentru a crea astfel lumea, tatăl trebuia să fie atotputernic, iar cea mai mare forță pe care o cunoșteau ei era cerul, de unde veneau căldura Soarelui, tunetele, fulgerele și ploaia care fertilizează tot ceea ce crește. Pentru a naște întreaga lume, mama trebuia să fie fertilă în totalitate, iar cel mai fertil lucru pe care-l cunoșteau era pământul, de unde veneau copacii, vegetația și recoltele. De aici, zeul-cer era tatăl și zeița-pământ era mama.

Înțelepții diferitelor popoare au văzut că oul este o sursă a vieții. De aceea, cosmosul, sau zeul care-l creează, trebuie să fi apărut dintr-un ou. Alți înțelepți au remarcat ciclurile Soarelui, lunii sau anotimpurilor, precum și ale recoltelor. Toate acestea se nasc, mor, reapar într-o succesiune aparent fără sfârșit. Așa funcționează cele mai importante elemente ale universului și la fel trebuie să funcționeze și universul.

Nevoia politică și culturală

Până în Epoca Bronzului, spiritele naturii invocate de vânători-culegători s-au transformat în zei, a căror ierarhie funcțională o reflectă pe cea o orașelor-state aflate în curs de dezvoltare, în vreme ce miturile originilor răspund adesea unei necesități politice sau culturale.

Atum, zeul creator autosuficient venerat în Heliopolis în mileniul al IV-lea î.Hr., a fost retrogradat de teologii faraonului Menes, devenind copilul și slujbașul lui Ptah, care fusese până atunci doar un zeu al destinului, dar care trebuia ridicat la rangul de zeitate supremă, întrucât era o divinitate locală din Memphis, iar Menes construise o nouă capitală la Memphis.

Miturile creației care au în centru o luptă primordială respectă de obicei acest scenariu. Astfel, în mitul babilonian *Enuma Eliș* uciderea de către Marduk a lui Tiamat și a monștrilor Haosului care o însoțeau, precum și ridicarea lui la rang de zeu creator sanctifică și legitimează triumful babilonienilor asupra vechilor puteri sumeriene și ordinea impusă de ei în Sumer.

Dovezile arheologice descoperite la finalul secolului XX[19] sugerează că varianta biblică scrisă a mitului creației prin cuvântul lui Dumnezeu se explică cel mai probabil printr-o necesitate politică și culturală. La sfârșitul secolului al VII-lea î.Hr., regele Iosua și-a însărcinat scribii să compileze, plecând de la miturile și legendele regionale, un text canonic care să sanctifice și să legitimeze uniunea dintre regatul lui Iuda, care-i aparținea, și regatul acum decăzut al lui Israel, sub comanda unui singur patriarh și sub autoritatea unui singur cod de legi. Iahve, zeul local al neamului lui Iuda, care inițial fusese însoțit cu zeița Așera, a devenit nu doar zeul suprem, ci chiar unicul zeu. Iahve este numele lui Dumnezeu în povestirea creației din Geneză 2. Dar, pentru a-i convinge pe membrii poporului lui Israel să accepte uniunea, acesta trebuia să devină asemenea cu zeii lor. Elohim, numele dat lui Dumnezeu în povestirea creației din Geneză 1, este termenul generic pentru ființa supremă și a fost folosit pentru prima dată de canaaniți, ale căror cultură și teritoriu fuseseră luate în stăpânire de israeliți, pentru a denumi întregul panteon al zeilor lor; în Geneză 1, toți acești zei sunt subsumați unei singure zeități. Reflectând rolul de conducător absolut al regatului unit al lui Iuda și Israel pe care Iosua îl dorea sanctificat, acest zeu unic nu avea decât a rosti un cuvânt, și ceea ce voia se înfăptuia; astfel a fost creată lumea.

O astfel de modificare a mitului nu este prerogativa cuceritorului. Apașii chiricahua au o povestire a creației care este o fuziune tragicomică între Vechiul Testament și mitologia lor dinaintea cuceririi. Potopul biblic îi înecă pe cei care se închină zeilor montani ai Fulgerului și Vântului. După ce apele se retrag, doi bărbați sunt puși să aleagă între un arc cu săgeată și o pușcă. Primul ia arma și devine bărbatul alb, în timp ce al doilea ia arcul cu săgeată și devine indianul.

Intuiția

Unele culturi din India și China au încurajat antrenarea minții pentru a dobândi o cunoaștere directă devenind una cu obiectul cercetat. Astfel, înțelepții mistici ai Indiei au venit cu intuiția faptului că *atman*, Sinele esențial, este una cu întreg universul, care, la rândul lui, este una cu Brahman, entitatea inefabilă, de sine stătătoare, din care s-a desprins. Această intuiție mistică este foarte similară cu aceea a daoiștilor și a altor mistici de mai târziu, din alte țări. Esența acestor intuiții comune trebuie distinsă de interpretările mediate cultural care le-au fost date de discipoli, demonstrând adesea o lipsă de înțelegere a fenomenelor naturale și sociale ori o necesitate socială sau politică.

CE SPUN DOVEZILE ȘI RAȚIUNEA

Nu avem nici o dovadă pentru a valida în sens științific vreunul dintre miturile originilor sau vreo explicație a lor. Avem totuși suficiente dovezi pentru a respinge adevărul literal al majorității acestor mituri, inclusiv al celor despre care se spune că au fost revelate de un zeu transcendent, atotputernic.

O înțelegere limitată, dacă nu de-a dreptul falsă, a fenomenelor naturale, o necesitate politică și culturală și anumite interpretări mediate cultural ale unor intuiții mistice ar putea fi niște explicații mai prozaice decât cele avansate de cei mai mulți mitologi, etnologi, psihologi și alți savanți. Nu pot să citez dovezi concludente în sprijinul lor. Totuși, au avantajul de a fi în acord cu fapte care ne sunt cunoscute și sunt concluzii la care am ajuns aplicând principiul briciului lui Occam, numit și regula științifică a parcimoniei: sunt cele mai simple explicații.

Povestirile despre origini care-și fondează afirmațiile nu pe dovezi materiale, nici pe reflecție, nici pe revelația primită de la un zeu transcendent, ci pe intuiție nu pot fi nici validate, nici infirmate prin știință sau reflecție. Mă voi întoarce la intuiție, pe care o voi analiza mai în profunzime atunci când voi discuta despre dezvoltarea gândirii filozofice. Totuși, dintr-o perspectivă științifică și rațională, majoritatea miturilor originilor se pot încadra în categoria superstiției, pe care eu o definesc astfel:

> **superstiție** Credință care se află în contradicție cu dovezile sau care nu are o bază rațională și care apare de obicei dintr-o lipsă de înțelegere a fenomenelor naturale sau din teama de necunoscut.

MOTIVE PENTRU PERSISTENȚA MITURILOR

O explicație pentru persistența miturilor creației, chiar și în culturile cele mai avansate din punct de vedere tehnologic, este aceea că știința examinează numai lumea fizică, dar există o realitate transcendentă care depășește lumea fizică. Toate miturile creației exprimă această realitate transcendentă în termeni – adesea antropomorfici – care reflectă specificul fiecărei culturi în parte.

Deși această explicație ar putea fi adevărată în anumite cazuri, există prea multe mituri care se contrazic ca s-o putem considera o propoziție general valabilă. O explicație mai simplă este aceea că persistența miturilor contradictorii nu demonstrează adevărul lor, ci mai degrabă cât de puternic au fost înrădăcinate de cele două sute de generații de societăți umane care au trăit vreme de cinci mii de ani.

INFLUENȚA ASUPRA GÂNDIRII ȘTIINȚIFICE

Nu doar că aceste mituri au rezistat primei revoluții științifice, dar mulți dintre arhitecții revoluției au considerat că ele au rolul de a descifra legile după care zeul iudeo-creștin guvernează universul pe care l-a creat. Isaac Newton, cel care a desăvârșit această revoluție, credea că universul „poate proveni doar din înțelepciunea și stăpânirea unei ființe inteligente și puternice“[20].

De asemenea, au rezistat și celei de-a doua revoluții științifice, care a început la jumătatea secolului al XIX-lea, odată cu teoriile lui Darwin despre evoluția biologică, și care s-a încheiat în prima treime a secolului XX, odată cu transformarea fizicii prin teoria relativității și teoria cuantică. Darwin însuși și-a abandonat credința creștină și și-a sfârșit viața ca agnostic[21], dar Albert Einstein, creatorul teoriilor relativității restrânse și relativității generale, împărtășea credința lui Newton în existența unei inteligențe supreme care a creat universul, deși refuza ideea că un asemenea Dumnezeu ar interveni în viața oamenilor.[22]

Mulți pionieri ai teoriei cuantice au adoptat convingerea că materia nu există independent, ci doar ca o construcție a minții. Unii dintre ei, precum Erwin Schrödinger, au fost fascinați toată viața de viziunea din *Upanișade* conform căreia totul, inclusiv universul, a emanat din conștiința lui Brahman, realitatea ultimă care există dincolo de spațiu și de timp[23]; cât de mult i-a influențat această perspectivă opera rămâne o întrebare deschisă. Cu siguranță, gândirea științifică a unui fizician ca David Bohm a fost influențată de o asemenea credință.[24]

Astăzi, foarte puțini oameni de știință își mai afișează credința religioasă. Printre ei se numără John D. Barrow, cosmolog și membru al Bisericii Creștine Reformate Emanuel, Francis Collins, fostul director al Human Genome Project și creștin evanghelic, care consideră „ADN-ul, molecula cu informație a oricărui lucru viu, drept limbajul lui Dumnezeu, iar eleganța și complexitatea propriului nostru corp și a naturii drept o reflexie a planului lui Dumnezeu“[25], precum și Ahmed Zewail, un musulman care a primit în 1999 Premiul Nobel pentru Chimie. În general, acești savanți susțin că știința și credințele religioase operează în domenii diferite, deși unii, precum John Polkinghorne, fizician teoretician și preot anglican, promovează activ dezbaterile despre întrepătrunderile dintre știință și teologie.

Dacă lăsăm deoparte miturile, ne putem aștepta ca știința să ne ofere o imagine mai clară a originilor universului și, prin urmare, a originilor materiei și energiei din care am evoluat. Dar este oare așa?

CAPITOLUL 3

Apariția materiei: teoria științifică ortodoxă

> Această idee a Big Bangului mi se părea complet nesatisfăcătoare.
> —Fred Hoyle, 1950

> [Big Bangul] este o mărturie a acelui Fiat Lux primordial.
> —Papa Pius XII, 1951

Suntem materie. S-ar putea să fim mai mult decât materie. Am putea fi manifestări ale unei conștiințe cosmice, după cum susțin anumite perspective mistice, sau simulări tridimensionale generate de un computer superinteligent, cum sugerează o conjectură filozofică. Cercetarea mea încearcă să stabilească ce anume știm în momentul de față sau ce anume putem presupune în mod rezonabil, prin experiment sau observație, cu privire la lumea pe care o percepem: cu alte cuvinte, ce ne spune știința cu privire la ce suntem și la cum am apărut.

Punctul de plecare este, așadar, ceea ce știința ne spune despre originea materiei, iar teoria științifică ortodoxă actuală ne spune că materia și energia au apărut acum aproximativ 13,8 miliarde de ani prin Big Bang.

Spun că este „actuală" pentru că presa și publicațiile de popularizare a științei prezintă adesea teoriile științifice sau chiar conjecturile drept fapte indiscutabile. Teoriile științifice se schimbă. Pentru a ilustra acest lucru, voi prezenta teoria privind originea universului din prima parte a secolului XX, voi arăta cum și de ce s-a schimbat pentru a produce modelul Big Bangului, voi examina problemele acestui model și soluțiile actuale ale cosmologilor la aceste probleme.

PRIMA JUMĂTATE A SECOLULUI XX

Dacă aș fi scris această carte în 1928, aș fi spus că, în conformitate cu teoria științifică ortodoxă actuală, universul este etern și neschimbător.

Această teorie era susținută cu atâta fermitate, încât Einstein a făcut ceea ce avea să numească mai târziu cea mai mare eroare a vieții lui. În 1915, și-a finalizat teoria relativității generale, care includea gravitația în descrierea tuturor forțelor și formelor de materie. Atunci când a aplicat-o universului

ca întreg, a descoperit că prezicea un univers supus schimbării – gravitația avea efectul de a atrage laolaltă toată materia din Univers –, așa că, doi ani mai târziu, a introdus o constantă arbitrară, Lambda (Λ), în ecuațiile sale de câmp. Aplicând un reglaj fin valorii lui Lambda, a reușit să facă termenul suplimentar din ecuațiile sale să compenseze exact forța de atracție a gravitației și, astfel, a obținut un univers static.

Vreme de aproximativ cincisprezece ani, majoritatea fizicienilor teoreticieni au acceptat această teorie pentru că era susținută de dovezi: stelele se mișcau, într-adevăr, foarte puțin. Această concepție a unui univers static a rămas valabilă și după anul 1924, când astronomul Edwin Hubble a demonstrat că unele dintre globurile de lumină vizibile erau, de fapt, galaxii foarte îndepărtate, și nu nori de gaz în singura galaxie cunoscută pe-atunci, Calea Lactee.

Totuși, între anii 1929 și 1931, Hubble a arătat că lumina emisă de aceste galaxii îndepărtate era deplasată spre roșu și că rata de deplasare creștea odată cu distanța până la ele. Lumina albă este, de fapt, un amestec al tuturor culorilor, vizibil atunci când o prismă o sparge într-un spectru de lungimi de undă, cele mai scurte părând albastre, iar cele mai lungi, roșii. Atunci când o sursă de lumină se îndepărtează de un observator, lungimea sa de undă pare să crească și e deplasată spre capătul roșu al spectrului. În urma observațiilor lui Hubble, s-a presupus că galaxiile se îndepărtează de noi, cu o viteză cu atât mai mare cu cât se află la o distanță mai mare.

Doar atunci fizicienii teoreticieni au început să ia în serios ideile celor care obținuseră niște soluții la ecuațiile de câmp ale relativității generale propuse de Einstein ce sugerau că universul se află în expansiune. Unul dintre ei fusese belgianul Georges Lemaître, iezuit și om de știință, care încorporase rezultatele lui Hubble în propriile sale cercetări din 1927 și care, analizând în sens invers expansiunea universului, ajunsese la ipoteza atomului primordial. Aceasta spunea că, la momentul zero, absolut tot ce se găsește în univers – toată lumina și toate galaxiile, stelele și planetele – era comprimat într-un singur atom extrem de dens care a explodat pentru a forma universul în expansiune.

Folosind un ton depreciativ, astronomul american Fred Hoyle a numit această explozie Big Bang, după ce, în 1948, împreună cu Thomas Gold și Herman Bondi, dezvoltase propria teorie, care postula un univers staționar. Conform acestei teorii, universul se extinde, dar nu plecând de la un anumit punct inițial: materia este continuu creată în spațiul aflat în expansiune pentru a produce o densitate uniformă într-un univers infinit de mare.

Vreme de aproape un deceniu după cel de-al Doilea Război Mondial, mai mulți fizicieni teoreticieni și-au îndreptat atenția asupra enigmelor cosmogenezei, adică asupra felului în care a luat naștere universul. Enrico Fermi, Edward Teller, Maria Mayer, Rudolf Peierls, George Gamow, Ralph

Alpher sau Robert Herman se numără printre cei care au cercetat ipoteza Big Bangului.

Gamow, Alpher și Herman au încercat să-și dea seama cum anume diferitele tipuri de atomi pe care îi vedem astăzi în univers ar fi putut lua naștere din ipoteticul atom infinitezimal de o densitate extraordinară, alcătuit dintr-o plasmă fierbinte de protoni, neutroni, electroni și fotoni.[i] Ei au arătat cum anume nucleele de heliu și izotopii hidrogenului au putut fi produse în primele trei minute de după Big Bang prin combinarea protonilor și neutronilor, pe măsură ce această plasmă s-a extins și s-a răcit până la o temperatură de sub un miliard de grade Kelvin[ii]. Valoarea obținută de Herman și Alpher pentru proporția dintre heliul și hidrogenul produse astfel era aproximativ aceeași cu cea observată în univers, un argument puternic pentru ipoteza Big Bangului, dar nici ei, nici ceilalți nu puteau explica de unde proveneau elementele mai grele, având în vedere instabilitatea nucleelor lor formate din combinații de cinci sau opt protoni și neutroni. Acest fapt a aruncat o umbră de îndoială asupra Big Bangului, iar Fermi și colegii săi au renunțat la acest model al cosmogenezei.[1]

Conform teoriei ortodoxe, Gamow și Alpher au calculat că, după ce s-a extins timp de aproximativ 300.000 de ani de la explozie, plasma s-a răcit până la temperatura de 4000K[iii], când electronii încărcați negativ au fost captați de nucleele atomice încărcate pozitiv pentru a forma molecule biatomice de hidrogen, neutre electric și stabile, izotopii lor, precum și atomi de heliu. Fotonii – particule neutre care formează radiația electromagnetică – nu mai erau legați de masa plasmatică, ci s-au desprins și au călătorit liber prin spațiul în expansiune. Între timp, s-au răcit, iar lungimea lor de undă a crescut. Până la momentul în care universul a căpătat dimensiunile actuale, lungimea lor de undă a ajuns în spectrul microundelor și au umplut tot spațiul, formând radiația cosmică de fond. În 1948, s-a estimat că temperatura acestei radiații cosmice de fond ar fi de circa 5K. În 1952, Gamow a estimat că această temperatură ar fi de 50K.[2]

Între timp, Fred Hoyle și colegii lui arătaseră că elementele mai grele puteau fi obținute prin fuziune nucleară în interiorul stelelor.

Așadar, în urma acestor cercetări desfășurate după cel de-al Doilea Război Mondial au rămas două ipoteze rivale cu privire la originile universului: teoria universului staționar și teoria Big Bangului, prima susținând că

---

[i]) Vezi Glosarul pentru explicațiile acestor termeni.

[ii]) Kelvinul este unitatea de bază pe scara de temperatură Kelvin, care începe cu 0K, zero absolut, valoare sub care energia moleculară nu poate scădea. Un grad kelvin are aceeași valoare cu un grad Celsius, iar 0K înseamnă -273,15°C.

[iii]) K este abrevierea de la Kelvin.

universul e etern și că nu are un început, cealaltă spunând că universul a crescut dintr-un punct ca urmare a unei explozii de lumină și de plasmă.

Fără să mai aștepte dovezile suplimentare de care comunitatea științifică avea nevoie pentru a alege una din cele două ipoteze, Biserica Catolică a dat propriul verdict. În 1951, papa Pius XII a declarat în fața Academiei Pontificale de Științe ca Big Bangul stă mărturie pentru veridicitatea celor relatate în Geneză, unde Dumnezeu poruncise „să fie Lumină". Graba cu care Biserica Catolică a reacționat la teoria Big Bangului contrastează cu cele două sute de ani care i-au fost necesari pentru a accepta dovezile aduse de Galilei în favoarea teoriei copernicane, conform căreia Pământul nu este centrul universului, ci atât Pământul, cât și celelalte planete orbitează în jurul Soarelui.

Spre deosebire de Biserica Catolică, în rândul comunității științifice existau susținători ai ambelor modele, Big Bangul și universul staționar, până în 1965, când, conform versiunii ortodoxe a istoriei, o descoperire întâmplătoare a produs dovada decisivă.

Astronomii Arno Penzias și Robert Woodrow Wilson nu reușiseră nicicum să elimine „zgomotul" de fond care părea să umple cerul din toate direcțiile în vreme ce-l supravegheau cu radiotelescopul lor de la Laboratoarele Bell din New Jersey. Atunci i-au cerut sfatul lui Robert Dicke, de la Princeton, care, fără ca ei să știe, încerca să găsească radiația cosmică de fond prezisă de Gamow. Dicke și-a dat seama că „zgomotul" uniform din regiunea microundelor era chiar acea radiație care se răcise până la temperatura de 2,7K.[3]

Se pomenește rar, aproape niciodată, faptul că Geoffrey Burbidge, profesor de astrofizică la Universitatea din California, San Diego, a afirmat că această teorie ortodoxă este distorsionată. El a arătat că numai modul în care Alpher și Herman și-au ales parametrii ecuațiilor a dus la concluzia producerii hidrogenului și a celorlalte elemente ușoare, iar proporția acestora nu avea aproape nici o legătură cu cea observată. Mai mult, a susținut că astronomul Andrew McKellar descoperise radiația cosmică de fond, estimând că are o temperatură între 1,8K și 3,4K, și își publicase rezultatele în 1941; a pretins, de asemenea, că cel puțin Gamow știa de aceste rezultate și, prin urmare, nu a prezis existența radiației cosmice de fond pe care observațiile ulterioare aveau s-o confirme.[4]

Totuși, povestea unanim acceptată a prevalat, iar Penzias și Wilson au primit premiul Nobel pentru descoperirea lor. Vasta majoritate a comunității științifice a adoptat modelul Big Bangului pentru explicarea originilor universului, iar cei care nu au făcut-o au trăit vremuri grele. Cum notează John Maddox, încăpățânarea lui Hoyle de a susține în continuare teoria universului staționar „a dus la ostracizarea sa de către colegii din mediul academic și, fapt fără precedent, la demisia din postul de profesor la Cambridge"[5].

Acest ultim fapt a avut probabil drept cauză și criticile severe aduse de Hoyle dovezilor cu care fizicianul Martin Ryle, colegul său de la Cambridge, atacase teoria universului staționar, intrând în conflict cu el. În vreme ce Hoyle nu a mai deținut vreodată un alt post academic, Ryle avea să ajungă astronom regal și laureat al Premiului Nobel. În mod inexplicabil, Premiul Nobel a fost acordat în 1983 pentru cercetările privind nucleosinteza stelară numai lui William Fowler, în vreme ce Fred Hoyle a fost ignorat, alături de Geoffrey și Margaret Burbidge, ceilalți trei autori care au semnat în 1957 studiul fundamental care explică în detaliu cum anume se formează în interiorul stelelor celelalte elemente chimice naturale în afară de hidrogen și heliu. Fowler a recunoscut că Hoyle a fost primul care a introdus conceptul de nucleosinteză stelară și venise la Cambridge ca bursier Fullbright pentru a lucra cu el.[6]

Felul în care s-a ajuns la teoria considerată astăzi ortodoxă arată cum funcționează metoda științifică: o teorie susținută cu tărie – teoria universului etern – a fost abandonată atunci când datele noi au confirmat predicțiile făcute printr-o ipoteză diferită – Big Bangul –, care, de atunci, a devenit abordarea considerată corectă. Exemplifică, de asemenea, prin felul în care a fost tratat Hoyle, cum se poate raporta comunitatea științifică la cei care nu îmbrățișează versiunile ortodoxe. De pe la mijlocul anilor '60 ai secolului trecut, modelul Big Bangului este susținut cu o convingere cel puțin la fel de mare precum cea cu care era susținut modelul universului staționar în 1928. Dar oare dovezile confirmă în continuare acest model? Și dacă nu, cum a răspuns comunitatea științifică?

TEORIA CURENTĂ: BIG BANGUL

Pentru a vedea dacă teoria Big Bangului oferă o explicație satisfăcătoare a originilor Universului, trebuie să-i examinăm întâi baza teoretică.

Baza teoretică

Spre deosebire de modul în care operează de obicei metoda științifică[i], teoria Big Bangului nu a rezultat din observație, ci din soluții la ecuațiile teoriei relativității generale a lui Einstein, mai exact dintr-una care a fost selectată pentru că se potrivea cel mai bine cu observațiile.

Einstein a formulat legi ale mișcării care nu depind de faptul că observatorul se mișcă într-un anumit fel în raport cu obiectul observat. El a presupus că viteza luminii (*c*) este constantă, adică are aceeași valoare pentru orice observator, în orice timp și în orice regiune a universului, și că nimic nu se

[i]) Vezi glosarul pentru o explicație completă.

poate deplasa mai repede. Teoria relativității restrânse din 1905 renunță la ideea că spațiul și timpul sunt independente și absolute: este propusă în schimb o matrice spațio-temporală cvadridimensională în care spațiul sau timpul se pot dilata sau se pot contracta în funcție de mișcarea observatorului, deși continuumul *spațiu-timp* este același pentru toți.

O consecință a teoriei relativității restrânse este aceea că masa (m) și energia (E) sunt echivalente, lucru exprimat în celebra formulă $E = mc^2$.

Atunci când Einstein a introdus gravitația în aceste legi ale mișcării pentru a formula teoria relativității generale, el a înțeles că gravitația nu e o forță care acționează instantaneu între două mase, cum o definise legea lui Newton, ci mai degrabă o distorsiune în structura spațiului-timp produsă de masa obiectelor, cu atât mai mare cu cât masa este mai mare. Asemenea distorsiuni dictează apoi mișcarea altor mase în spațiu-timp. Pentru a-l parafraza pe John Archibald Wheeler, materia îi spune spațiului-timp cum să se curbeze, iar spațiul-timp îi spune materiei cum să se miște.

Pentru a formula o ecuație care să cuantifice acest concept și pe baza căreia să se poată face predicții, Einstein a folosit o ramură dificilă a matematicii numită geometrie diferențială, care se ocupă cu suprafețele curbate. A ajuns la ceea ce azi numim ecuațiile lui Einstein. Se folosește pluralul pentru că ecuația respectivă are tensori[i], fiecare cu zece posibilități, creând, în consecință, zece ecuații. Numeroasele soluții posibile ale acestor ecuații produc, în principiu, numeroase universuri teoretice, iar provocarea a fost găsirea soluției care se potrivește cel mai bine cu datele observaționale.

Rezolvarea acestor ecuații este extrem de dificilă. Patru oameni au încercat. În afară de Einstein și Lemaître, ceilalți doi au fost astronomul olandez Willem de Sitter și meteorologul rus Alexander Friedmann.

Supoziții simplificatoare: izotropia și omnicentrismul

Cu toții au făcut două supoziții simplificatoare: la orice moment dat, universul arată la fel în orice direcție am privi (este izotrop), iar acest lucru rămâne adevărat de oriunde l-am privi (este omnicentric). Aceste două supoziții presupun în mod necesar că universul este la fel în orice punct (este omogen).[ii]

---

[i]) Un tensor este un ansamblu de componente care se modifică într-o transformare dintr-un sistem de coordonate în spațiu în altul.

[ii]) *Izotrop* înseamnă că unui observator universul îi apare la fel în orice direcție s-ar uita. *Omogen* înseamnă că universul este la fel în orice punct. Cele două nu presupun neapărat același lucru. De exemplu, un univers care are un câmp magnetic uniform este omogen, pentru că toate punctele sale sunt la fel, dar nu este izotrop, pentru că un observator vede linii magnetice diferite în direcții diferite. Invers, o materie distribuită simetric sub formă de sferă este izotropă dacă este privită din centrul ei, dar nu este neapărat omogenă: se poate ca într-un punct materia să nu fie la fel cu cea dintr-un alt punct în

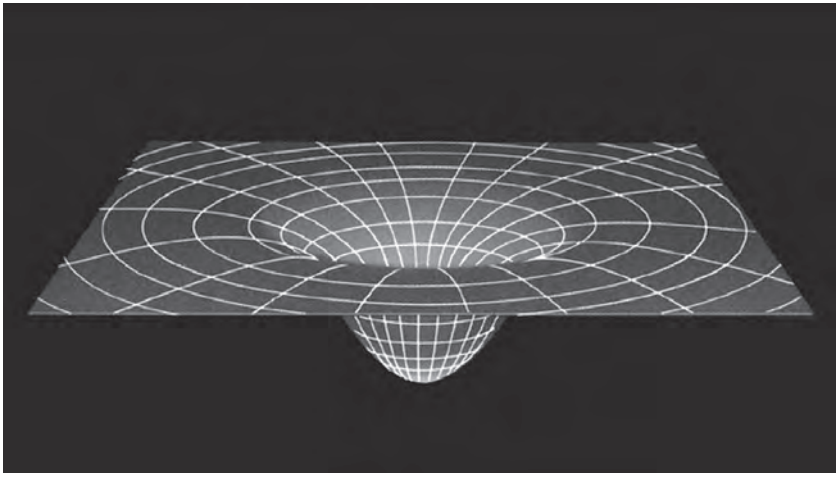


Figura 3.1 Reprezentare bidimensională a curburii spațiului-timp în jurul unei mase sferice de dimensiunea unei stele.

Supoziția izotropiei nu este, evident, complet validă: stelele din galaxia noastră formează o bandă distinctă de lumină pe cerul nopții, pe care o numim Calea Lactee. Totuși, presupunerile au fost făcute din trei motive: a) intuiția că aceasta era o bună aproximare la scara universului; b) credința că nu ocupăm un loc special, privilegiat, în Univers, așa cum Copernic demonstrase că nu ocupăm vreun loc privilegiat în sistemul solar; c) erau convenabile din punct de vedere matematic – astfel se reduce drastic numărul de geometrii posibile, sau de variante ale continuumului spațiu-timp, care descriu forma universului, pentru că, dacă materia curbează spațiul-timp, iar universul e omogen, atunci curbura universului e aceeași peste tot.

Friedmann a arătat că una dintre consecințele acestor supoziții este aceea că universul poate avea numai trei geometrii: închisă (sferică), deschisă (hiperbolică) sau plată, fiecare modificându-se cu timpul în funcție de factorul de expansiune a universului. Întreg acest ansamblu – o geometrie tridimensională plus un factor de expansiune dependent de timp – caracterizează spațiul-timp care este curbat de materie conform ecuațiilor lui Einstein.

Aceste matrice matematice cvadridimensionale aflate în continuă schimbare sunt greu de vizualizat. Figura 3.2 oferă numai reprezentări bidimensionale ale celor trei dimensiuni ale spațiului care se schimbă în timp.

Friedmann a arătat că universurile care prezintă aceste trei geometrii posibile au și destine diferite. Universul închis (sau sferic) se extinde plecând de la

aceeași direcție. Totuși, dacă prezumăm că distribuția materiei este izotropă atunci când este privită din *orice* punct, universul este în mod necesar omogen.

un Big Bang, dar efectul gravitațional al materiei sale este suficient de puternic pentru a încetini, a opri și apoi a inversa expansiunea până când universul în contracție va ajunge la un Big Crunch (Mare Implozie). Universul deschis (sau hiperbolic) se extinde dintr-un Big Bang, dar efectul gravitațional al materiei sale este prea slab pentru a opri mișcarea de exapansiune, așa că aceasta va continua cu o rată stabilă până când nu va mai exista nici o legătură între elemente, ceea ce va duce la un univers pustiu. Universul plat se extinde la rându-i dintr-un Big Bang, însă efectul gravitațional care strânge la un loc materia sa balansează foarte exact energia cinetică a expansiunii, ceea ce duce la o descreștere a ratei de expansiune, dar nu și la oprirea ei, astfel că Universul se extinde la nesfârșit cu o rată continuu descrescătoare.

Ca o consecință a acestor supoziții simplificatoare, atât universul plat, cât și cel deschis sunt în mod necesar infinite în întindere: dacă vreunul ar ajunge la un moment dat la o limită, ar contrazice supoziția că arată la fel în fiecare punct. Acest lucru nu este valabil pentru un univers sferic: o sferă perfectă arată la fel privită din orice punct de pe suprafața ei.

Spre deosebire de Einstein, Friedmann nu a adăugat o constantă arbitrară Lambda pentru a obține rezultatul pe care-l voia. În modelul său matematic, raportul dintre atracția gravitațională exercitată de materie, care forțează universul să se contracte, și energia sa cinetică de expansiune poate fi exprimat sub forma unui parametru de densitate, Omega (Ω). Într-un univers închis, Omega este mai mare decât 1; într-un univers deschis, Omega este mai mic decât 1; iar într-un univers plat, Omega este exact 1.

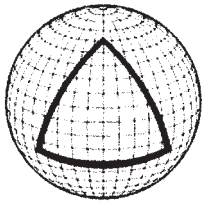
După ce Hubble și-a publicat datele, majoritatea oamenilor de știință au ajuns la concluzia că un univers plat care avusese ca punct de pornire un Big Bang la temperaturi foarte ridicate se potrivea cel mai bine observațiilor, astfel că modelul matematic Friedmann-Lemaître a devenit versiunea ortodoxă.[7]

PROBLEME ALE TEORIEI BIG BANGULUI

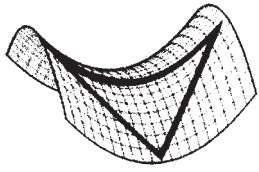
Universul ca subiect al cercetării științifice nu mai era domeniul exclusiv al astronomiei observaționale și teoretice. Apăruse o nouă știință a cosmologiei, pe care o definesc astfel:

> **cosmologie** Studiul originii, naturii și structurii la scară largă a universului, care include distribuția și relațiile dintre galaxii, roiuri de galaxii și obiecte cvasi-stelare.

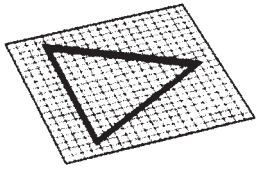
Teoria relativității jucase un rol crucial în cercetarea universului ca întreg, spre deosebire de astronomie, care obișnuia să cerceteze numai stelele sau galaxiile.



Geometrie închisă



Geometrie deschisă



Geometrie plată

Figura 3.2 Reprezentare bidimensională a geometriei universurilor Friedmann (fără o constantă cosmologică arbitrară). O geometrie închisă este analogul tridimensional al suprafeței unei sfere: un triunghi are, în această geometrie, o sumă a unghiurilor mai are de 180°, iar circumferința unui cerc este mai mică decât π înmulțit cu diametrul cercului. O geometrie deschisă este analogă cu o suprafață hiperbolică, în formă de șa: în acest caz, un triunghi are mai puțin de 180°, iar circumferința unui cerc este mai mare decât π înmulțit cu diametrul. O geometrie plată este geometria euclidiană pe care o cunoaștem: fiecare triungi are o sumă a unghiurilor de exact 180°, iar circumferința unui cerc este exact π înmulțit cu diametrul. Fiecare dintre aceste geometrii în spațiu se modifică în timp în conformitate cu factorul de expansiune a universului. Dacă introducem totuși o constantă cosmologică diferită de zero, oricare dintre geometrii poate cunoaște oricare dintre evoluțiile temporale.

Fizica teoretică și experimentală a particulelor, fizica plasmei și fizica cuantică erau acum folosite pentru a înțelege ce s-a întâmplat la Big Bang și imediat după, atunci când universul era incredibil de mic și de fierbinte. Atunci când oamenii de știință au aplicat aceste trei ramuri ale fizicii la modelul Big Bangului au descoperit câteva probleme.

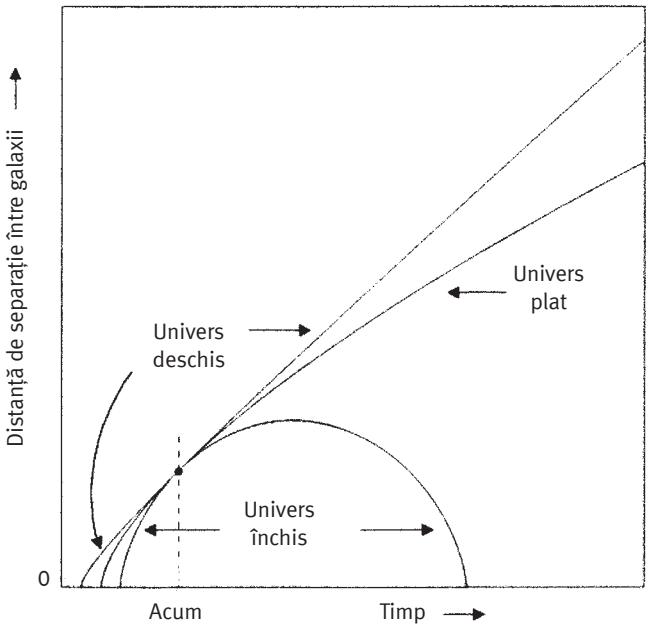


Figura 3.3 Evoluția universurilor Friedmann. În absența unei constante cosmologice, o densitate a materiei suficient de mare pentru a inversa expansiunea universului duce la un univers închis; o densitate scăzută nu este suficientă pentru a inversa exapansiunea, care continuă la o rată constantă, ducând la un univers deschis; o densitate critică, în vecinătatea celorlalte două, duce la o geometrie plată: se va extinde veșnic, dar la o rată mereu descrescătoare.

Monopolul magnetic

Fizicienii din domeniul particulelor și plasmei au speculat că, dat fiind nivelul ridicat al temperaturii și energiei plasmei imediat după Big Bang, ar fi trebuit să apară monopoli magnetici, care sunt particule cu un singur pol încărcat magnetic, în locul celor doi uzuali.[i] Într-adevăr, folosind teoria relativității, oamenii de știință au estimat că densitatea de energie produsă la Big Bang ar fi trebuit să fie de o sută de ori mai mare decât densitatea observată a universului.[8]

Până acum nu a fost detectat în univers nici măcar un singur monopol magnetic.

Omogenitatea

Cele două supoziții ale modelului ortodox duc la un univers care este omogen, sau complet uniform, în vreme ce toate celelalte soluții la ecuațiile lui

[i]) Vezi glosarul pentru definiția completă.

Einstein, dacă facem abstracție de aceste supoziții, duc la universuri neregulate.

Prin contrast cu acest model, atunci când privim universul cu atenție constatăm că nu este complet uniform. Are sisteme solare, galaxii, roiuri și superroiuri de galaxii, toate despărțite de regiuni de vid care conțin materie foarte puțină sau nu conțin materie. Pământul are o densitate a materiei de 10^{30} ori mai mare decât cea medie a universului, aerul pe care-l respirăm are o densitate de 10^{26} ori mai mare, densitatea medie a galaxiei noastre, Calea Lactee, este de10^{6} ori mai mare, grupul nostru local de galaxii are o densitate de circa 200 de ori mai mare, iar regiunile de vid dintre complexele de superroiuri au în general o lungime de aproximativ 150 de milioane de ani-lumină.[9]

Dacă universul ar fi perfect omogen, nu am fi aici să-l observăm.

Cu toate acestea, cosmologii au estimat că la scara universului ca întreg deviația de la condiția de omogenitate perfectă este de numai 1 la 100.000.

Modelul Big Bangului nu reușește să explice de ce universul se află foarte aproape, dar nu reușește să ajungă la condiția de omogenitate deplină, astfel încât permite formarea unor structuri precum sistemul nostru solar, care să conțină planete ca Pământul pe care am evoluat.

Izotropia radiației cosmice de fond (problema orizontului)

Modelul Big Bangului spune că radiația cosmică de fond (RCF) este radiația care s-a decuplat de plasmă la aproximativ 380.000 de ani (conform celor mai recente estimări) de la Big Bang și care pe măsură ce universul s-a extins a pierdut treptat energie și s-a răcit până când a ajuns la temperatura actuală de 2,73K.

Detectorii de pe sateliții Cosmic Background Explorer (COBE) și Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP) au arătat că această temperatură este foarte aproape de a fi izotropă, adică de a fi aceeași în toate direcțiile. Pentru a obține o astfel de uniformitate aproape perfectă a temperaturii, particulele de radiație (fotonii) trebuie să se fi amestecat prin ciocniri repetate imediat ce s-au decuplat de plasmă.

Teoria relativității spune că nimic nu se poate deplasa mai repede decât viteza luminii. De aceea, pentru ca acești fotoni să se fi amestecat, ei nu trebuie să fi fost despărțiți unii de alții printr-o distanță mai mare decât cea pe care ar fi putut-o parcurge cu viteza luminii. Această distanță este denumită orizont de contact al fotonului.

Totuși, modelul Big Bangului sugerează că rata de expansiune a universului a scăzut. Prin urmare, orizontul de contact al fotonilor era mult mai mic în primele momente ale universului decât este acum. Prin urmare, ar

fi fost imposibil ca fiecare foton să se afle în contact cu ceilalți imediat după decuplarea de plasmă. De aceea, putem presupune că energiile fotonilor trebuie să fi fost atunci diferite, iar acest lucru ar trebui să se reflecte acum prin diferențe de temperatură în interiorul radiației cosmice de fond atunci când este măsurată în direcții diferite.

Teoria Big Bangului nu poate explica acest conflict dintre teorie și datele provenite din observație.

Caracterul plat (Omega)

Un univers plat este, inevitabil, instabil. El se bazează pe echilibrul precar dintre energia cinetică a expansiunii și energia gravitațională a materiei, care se manifestă prin atracție, pentru a produce un parametru Omega = 1. Dar matematica Big Bangului a arătat că parametrul Omega este extrem de sensibil, mai ales în universul timpuriu. Orice mică deviație de la valoarea 1 în oricare din cele două direcții se mărește rapid, aducând universul fie într-o configurație închisă, fie într-o configurație deschisă. Dicke a calculat că, la numai o secundă după Big Bang, valoarea lui Omega trebuie să fi fost undeva între 0.99999999999999999 și 1.00000000000000001, ceea ce înseamnă o sensibilitate de $\pm 1^{-17}$. Dacă Omega ar fi deviat de la valoarea 1 cu mai mult decât atât, atunci Universul fie ar fi colapsat într-un Big Crunch, fie s-ar fi extins în vid cu mult înainte ca galaxiile și sistemele solare să aibă timp să se formeze, așa încât noi n-am mai fi fost aici să discutăm despre Big Bang.

Cei mai mulți cosmologi susțin, mai degrabă din rațiuni teoretice decât pe baza observațiilor, că expansiunea universului a început după aproximativ 10^{-43} secunde[i], fără vreun alt motiv în afară de faptul că modelul cuantic[ii] nu funcționează decât începând cu acest moment. Dacă lucrurile stau așa, parametrul Omega nu ar fi trebuit să difere de unitate cu mai mult de 10^{-64}, o sensibilitate care este inimaginabilă.[10]

Dar Omega n-ar fi putut fi exact l de la bun început, altfel universul nu s-ar fi extins.

Modelul Big Bangului nu poate explica de ce Omega ar trebui să aibă o valoare atât de apropiată de 1, dar nu egală cu 1, astfel încât să permită universului să se extindă în mod stabil.

Mai există și o a cincea problemă, încă și mai importantă, pe care cei mai mulți cosmologi n-au discutat-o. Mă voi referi la acest fapt trecut cu vederea în capitolul următor, când voi analiza ce anume nu reușește să explice modelul revizuit.

---

[i]) Această valoare este cunoscută drept *timpul Planck*; vezi glosarul pentru explicație.

[ii]) Vezi glosarul pentru o definiție a *teoriei cuantice* și pagina 120 pentru o descriere mai amănunțită.

SOLUȚIA OFERITĂ DE TEORIA INFLAȚIEI

Există o idee care pretinde că rezolvă toate aceste probleme deodată. Cine anume a avut primul această idee a fost și încă este un subiect controversat. Alan Guth, de la Massachusetts Institute of Technology spune: „văd drept început oficial pentru teoria inflației seminarul pe care l-am ținut la SLAC pe 23 ianuarie 1980“[11]. Rusul Andrei Linde, în prezent profesor la Universitatea Stanford, California, susține că ideile fundamentale ale teoriei inflației fuseseră formulate mai înainte de Alexei Starobinski, David Kirjniț și de el însuși în Uniunea Sovietică.[12]

Conform versiunii publicate de Guth în 1981, la foarte scurt timp după Big Bang, universul a trecut printr-o expansiune enormă, aproape instantanee, crescând de mii de miliarde de ori într-o perioadă mai mică decât o bilionime de bilionime de bilionime dintr-o secundă. Pentru ca acest lucru să se întâmple, universul trebuie să fi fost într-o stare instabilă suprarăcită; când a depășit această stare, inflația s-a oprit, iar universul acum vast a început expansiunea decelerată prezisă de modelul Big Bang de bază.[13]

După inflație, universul era atât de mare, încât ceea ce vedem acum este numai o foarte mică parte din el. Acesta este motivul pentru care, exact ca o mică zonă de pe suprafața unui balon enorm, partea noastră de univers pare plată. Cu alte cuvinte, orice dezechilibre între energia explozivă a expansiunii și energia gravitațională de atracție a materiei din timpul Big Bangului sunt atenuate într-o asemenea măsură de inflație, încât se obține echilibrul, altminteri foarte improbabil, care permite universului post-inflație să ajungă la o rată stabilă și descrescătoare de expansiune. După inflație, Omega a devenit efectiv 1, iar universul nu e sortit să treacă printr-o accelerație rapidă până la vid sau printr-o contracție rapidă până la colaps: acesta urmează modelul matematic al universului plat. Astfel se rezolvă problema caracterului plat al universului.

Orice neregularități ar fi apărut în urma Big Bangului, au fost atenuate în mod asemănător de această uriașă expansiune inflațională. Astfel se rezolvă problema omogenității.

De asemenea, toți monopolii magnetici există undeva în imensul univers, dar regiunea noastră este atât de mică, încât nu conține nici unul. Astfel se rezolvă problema monopolilor magnetici.

Universul pe care putem să-l vedem acum, ale cărui frontiere sunt limitate de vârsta sa și de viteza luminii, este numai regiunea post-inflație, care s-a extins la viteză normală, din ceea ce a fost o parte incredibil de mică a universului inflațional. În această regiune minusculă, toți fotonii se aflau în contact unii cu alții și au ajuns la o temperatură uniformă. Astfel se rezolvă și problema izotropiei radiației cosmice de fond.

Cu toate acestea, conjectura inflației propusă de Guth s-a dovedit fatalmente eronată. Mecanismul pe care el îl propunea pentru a sfârși cu expansiunea exponențială instabilă și a lăsa locul unei expansiuni decelerate conform modelului de bază al universului plat Friedmann-Lemaître producea mari puncte de neomogenitate care nu sunt confirmate de observații. Guth a retras această versiune după un an.

Andreas Albrecht, Paul Steinhardt și, separat de ei, Andrei Linde, au propus versiuni modificate.

Conform lui Linde, nici acestea nu funcționau. El pretinde că problemele legate de modelul inflaționar au fost rezolvate numai în 1983, atunci când el însuși a dezvoltat o versiune mai simplă în care a reușit să se dispenseze de efectele de suprarăcire, de efectele cuantice ale gravitației și chiar de supoziția standard că universul ar fi fost inițial foarte fierbinte; el s-a bazat în totalitate pe câmpurile scalare. Un câmp scalar este un concept matematic: fiecare punct din spațiu este asociat cu un scalar, o cantitate precum masa, lungimea sau viteza, care este complet specificată prin mărimea sa.[i] Linde a presupus pur și simplu că universul avea toate tipurile de câmpuri scalare, fiecare dintre ele având toate valorile posibile. Această supoziție a asigurat modelului său matematic posibilități nelimitate și a produs teoretic regiuni ale universului care rămân mici și altele care trec printr-o inflație exponențială. A numit acest fenomen „inflație haotică", din pricina caracterului său arbitrar. A devenit o versiune populară a inflației, dar de atunci au mai fost propuse multe versiuni diferite.[14]

Conjectura inflației nu rezolvă cea de-a cincea problemă, ba chiar o amplifică – dar cosmologii au fost atât de ușurați că rezolvă patru dintre problemele identificate până atunci, încât au îmbrățișat-o fără rezerve. Au numit-o teoria inflației, iar modelul inflaționar al Big Bangului a devenit perspectivă științifică ortodoxă.

VALIDITATEA MODELULUI INFLAȚIONAR AL BIG BANGULUI

Dacă această nouă ortodoxie cosmologică furnizează în sfârșit o explicație pentru originea universului depinde de măsura în care atât teoria de bază, cât și versiunea ei inflaționară îndeplinesc două condiții: a) sunt teorii credibile și b) sunt susținute de observație și experiment.

Credibilitatea teoriei de bază

Teoria de bază a Big Bangului fierbinte este compusă din două părți. Prima este reprezentată de soluția la ecuațiile lui Einstein, care spune că universul

[i]) Vezi glosarul pentru o definiție completă.

este atât omnicentric, cât și izotrop (prin urmare, este omogen) și de alegerea geometriei plate a universului. Cea de-a doua parte este reprezentată de modelul standard al fizicii particulelor.

Supoziția omnicentrismului nu este verificabilă. Chiar dacă o civilizație avansată dintr-o galaxie îndepărtată ne-ar trimite cumva perspectiva ei asupra universului, aceasta ar fi de mult depășită în momentul în care ar ajunge la noi.

Deși supozițiile de izotropie și omogenitate nu sunt complet valide, pentru că universul conține sisteme solare, galaxii, grupuri locale de galaxii, roiuri și superroiuri galactice separate de regiuni enorme de vid, cosmologii consideră că, la scara universului, aceste supoziții sunt valide.

Totuși, ori de câte ori astronomii au cercetat regiuni mai mari și îndepărtate ale universului cu instrumente mai sofisticate au găsit inclusiv structuri la fel de mari ca zonele verificate. În 1989, Geller și Huchra au identificat o structură aproape bidimensională cu o lungime de circa 650 de milioane de ani-lumină, pe care au numit-o Marele Zid. În 2005, Gott și colegii săi au identificat Marele Zid Sloan, cu o lungime de două ori și ceva mai mare, adică 1,3 miliarde de ani-lumină, aflată la circa un miliard de ani-lumină de Pământ. În 2013, Roger Clowes și colegii săi au identificat un grup de cuasari de o mărime nemaiîntâlnită, care are o lungime de 4 miliarde de ani-lumină și se află la o distanță de 8–9 miliarde de ani-lumină de Pământ.[15] În 2014, István Horváth a raportat descoperirea unei formațiuni care era de peste șase ori mai mare decât Marele Zid Sloan, cu o lungime de 7–10 miliarde de ani-lumină, aflată la o distanță de aproximativ 10 miliarde de ani-lumină.[16] Mărimea acestor obiecte contrazice supozițiile de izotropie și omogenitate.

În ceea ce privește alegerea geometriei plate, nu putem testa consecința că universul ar fi infinit de întins.

În plus, ideea că universul, inclusiv spațiul-timp, a apărut din nimic printr-un Big Bang fierbinte provine din extrapolarea acestei expansiuni în sens invers până la momentul zero. Dar teoria cuantică nu mai funcționează la acest moment, întrucât principiul indeterminării cuantice spune că nimic nu poate fi cunoscut cu certitudine înainte de 10^{-43} secunde, perioadă cunoscută drept timpul Planck.[i] Mai mult, această extrapolare presupune comprimarea întregului univers într-un punct de o densitate infinită, în care curbura spațiului-timp devine de asemenea infinită, iar teoria relativității își pierde valabilitatea.[17] După cum spune Guth, „extrapolarea la temperaturi arbitrar de ridicate ne duce mult dincolo de fizica pe care o putem înțelege, așa că avem motive întemeiate să nu ne încredem în ea. Adevărata istorie a universului până la t = 0 ne rămâne necunoscută.“[18]

[i]) Vezi glosarul pentru explicațiile *timpului Planck* și *principiului indeterminării.*

O teorie bazată pe un mister care face ca teoriile ei subiacente să nu mai funcționeze, dar și pe supoziții simplificatoare, dintre care una nu poate fi verificată, iar celelalte sunt contrazise de observațiile astronomice, nu prezintă o credibilitate absolută.

Cea de-a doua parte a teoriei Big Bangului este reprezentată de modelul standard al fizicii particulelor, care folosește teoria câmpurilor cuantice pentru a explica cum s-au format particulele subatomice din energia degajată la Big Bang printr-un mecanism numit ruperea simetriei.

> **modelul standard al fizicii particulelor** încearcă să explice existența și interacțiunile a tot ceea ce există și putem vedea în univers, cu excepția gravitației, în termenii particulelor elementare și ai mișcărilor lor. În momentul de față, sunt clasificate 17 tipuri de particule elementare, grupate în trei categorii: cuarci, leptoni și bosoni. Când sunt luate în considerare antiparticulele și modelele de bosoni corespunzătoare, se ajunge la un număr total de 61 de particule elementare.

Conform acestui model, diferitele tipuri de cuarci se combină pentru a forma protonii și neutronii (ale căror diferite combinații formează nucleele tuturor atomilor). Interacțiunile dintre 12 tipuri de particule fundamentale reprezintă mișcările altor 5 particule elementare, bosonii, care sunt purtătorii forțelor, și gluonii, care asigură forța responsabilă de legarea cuarcilor.[i]

Modelul a prezis cu succes existența particulelor care mai apoi au fost descoperite, direct sau prin inferență în cazul cuarcilor, cu ajutorul observației sau experimentului. O predicție-cheie este existența unei particule numite bosonul Higgs, esențială pentru explicarea faptului că toate celelalte 16 tipuri de particule elementare, cu excepția fotonului și gluonului, au masă. În 2012, două experimente în care a fost folosit Large Hadron Collider (LHC), construit de Organizația Europeană pentru Cercetare Nucleară (CERN) sub pământ, la granița franco-elvețiană, au identificat existența de foarte scurtă durată a bosonului Higgs, sau poate chiar o familie de bosoni Higgs, caz în care modelul standard ar trebui revizuit.

Chiar daca va fi confirmat un singur boson Higgs, după ce LHC se va redeschide în 2015, când va opera cu energii mult mai mari, rămân totuși probleme semnificative. Modelul standard conținea 19 parametri, iar după o revizuire făcută în 1998 s-a ajuns la 29, pentru a permite neutrinilor să aibă masă, lucru care nu fusese prevăzut de model. Acești parametri sunt constante liber ajustabile ale căror valori trebuie alese: teoria este coerentă din punct de vedere matematic indiferent ce valori sunt introduse. Aceste constante specifică proprietățile materiei, precum sarcina electronului,

[i]) Vezi glosarul pentru definițiile *cuarcului*, *leptonului* și *bosonului*.

masa protonului sau constantele de cuplare – numere care determină forța interacțiunilor dintre particule. Constantele sunt măsurate experimental și apoi introduse în model „de mână". După cum recunoaște Guth, „[conform modelului standard], masa particulei W^+ și cea a electronului se obțin practic la fel, așadar faptul că masa electronului este de 160.000 de ori mai mică este încorporat în teorie numai potrivind parametrii astfel încât să se obțină valoarea dorită."[19] O astfel de teorie este, inerent, mult mai puțin credibilă decât una ale cărei predicții sunt apoi confirmate prin experiment sau observație.

Atunci când sunt luate în considerare antiparticulele și modelele de bosoni corespunzătoare, se ajunge la 61 de particule[20], un număr cam mare de particule definite ca fundamentale sau ireductibile. În plus, modelul standard actual este în mod necesar incomplet, pentru că nu ia în considerare gravitația. Dacă ar fi luată în considerare, ar fi nevoie de definirea mai multor particule elementare, precum gravitonii.

Credibilitatea teoriei Big Bangului depinde și de măsura în care corespunde realității. Cosmologii au adoptat interpretarea lui Friedmann la soluția lui matematică pentru ecuațiile lui Einstein. Aceasta spune că stelele (iar mai târziu rezultatele au fost extinse la galaxii și la roiuri galactice) nu se mișcă. Ele sunt fixate în spațiu și numai spațiul dintre galaxii se extinde. Poate că logica matematică a acestei explicații este în regulă, însă mulți non-cosmologi o consideră o interpretare iezuitică: în lumea reală, dacă distanța dintre două galaxii crește în timp, atunci ele se îndepărtează una de alta în acest timp. Cosmologii interpretează deplasarea spre roșu a unei galaxii drept măsura vitezei cu care acea galaxie se îndepărtează de galaxia noastră.

Dovezi aduse în favoarea teoriei de bază

Marea majoritate a cosmologilor susțin că există trei categorii de dovezi care aduc o susținere serioasă teoriei de bază a Big Bangului: a) deplasarea spre roșu a galaxiilor, care demonstrează că universul se extinde; b) existența și forma de corp negru a radiației cosmice de fond; c) relativa abundență a elementelor ușoare.

Deplasarea cosmologică spre roșu

Interpretarea deplasării spre roșu a obiectelor cereşti drept o mișcare prin care se îndepărtează de noi cu atât mai mult cu cât viteza e mai mare a dus la definirea constantei Hubble, adică a raportului dintre viteza de recesiune și distanță. Calcularea valorii acestei constante s-a dovedit extrem de complicată, nu în ultimul rând pentru că măsurarea unor distanțe atât de mari este foarte dificilă.[i] Cu toate acestea, cosmologii ortodocși au presupus că

[i]) Vezi pagina 106.

orice deplasare spre roșu a obiectelor cerești aflate dincolo de grupul nostru local de galaxii este o dovadă a expansiunii universului și au adoptat deplasarea spre roșu drept o *măsură* a distanței.

Mai mulți astronomi reputați au pus sub semnul îndoielii această supoziție, afirmând că dovezile arată că în multe cazuri deplasarea spre roșu are o altă cauză. Voi examina aceste păreri opuse în capitolul 6, atunci când voi discuta problemele pe care le pune cosmologia privită ca un mod de a explica lumea. Dar *dacă* această interpretare a datelor[i] este corectă, atunci, în sine, deplasarea spre roșu – și în special deplasarea foarte rapidă spre roșu fără vreo dovadă că ar proveni din spectrul de emisie sau absorbție de lumină stelară – nu reprezintă un indicator de încredere nici al distanței cosmologice, nici al vitezei de recesiune și, prin urmare, nici al vârstei universului. Astfel este subminată una dintre cele trei categorii de dovezi care susțin modelul cosmologic ortodox al Big Bangului.

Radiația cosmică de fond

Temperatura de 2,73 K a radiației cosmice de fond (RCF) e compatibilă cu decuplarea radiației de materie în stadiile timpurii ale Big Bangului fierbinte, urmată de răcirea ei pe măsură ce se răspândește prin universul în expansiune. În plus, această radiație de fond ar avea ceea ce se numește spectru de corp negru. Satelitul COBE, lansat în 1989, a detectat un astfel de spectru, aducând dovezi solide în favoarea modelului ortodox.[21]

Vom vedea însă în capitolul 6, când vom discuta interpretarea datelor, că susținătorii altor modele cosmologice consideră și ei că existența și caracteristicile RCF sunt compatibile cu ipotezele lor.

Relativa abundență a elementelor ușoare

Gamow, Alpher și Herman au arătat cum anume nucleele de heliu, deuteriu și litiu ar fi putut apărea prin fuziunea nucleară a protonilor și neutronilor în plasma extrem de încinsă care a existat în primele minute de după Big Bang.[ii] Relativa abundență a acestor elemente ușoare care au fost sintetizate înainte ca expansiunea și răcirea plasmei să oprească procesul de nucleosinteză ar trebui să fi rămas aceeași și în universul de azi. Raportul de aproximativ 75% hidrogen la 25% heliu prezis de Alpher și Herman este același cu raportul observat efectiv și este citat ca o dovadă convingătoare în sprijinul teoriei Big Bangului.

După cum am văzut mai devreme, Burbidge a declarat că Alpher și Herman au ales pentru ecuațiile lor o valoare a raportului dintre densitatea de

[i]) Vezi pagina 109 pentru o discuție mai detaliată cu privire la această interpretare a datelor.

[ii]) Vezi pagina 70.

barioni (materia normală, vizibilă) și densitatea radiației care a fost calculată pentru a produce exact raportul dintre hidrogen și heliu observat atunci, prin urmare nu avem de-a face cu o predicție.[i] El a admis, de asemenea, că acest parametru ales produce și raportul observat dintre hidrogen și deuteriu, ceea ce chiar reprezintă o dovadă pentru ipoteza Big Bangului.

Totuși, în 2004, Michael Rowan-Robinson, pe atunci profesor de astrofizică la Colegiul Imperial din Londra și președinte al Societății Astronomice Regale, a arătat că estimările mai recente ale lui Tytler și ale colegilor lui privind abundența deuteriului, estimări realizate prin analiza liniilor de absorbție plecând de la orizontul imediat până la cuasarii cu o puternică deplasare spre roșu, necesită o revizuire a densității barionice. Noua valoare este susținută de analiza fluctuațiilor radiației cosmice de fond. Dacă lucrurile stau așa, atunci teoria produce o neconcordanță între predicțiile ei și abundența observată a heliului.[22]

Toate acestea sugerează că dovezile în favoarea Big Bang-ului ar putea să nu fie atât de ferme pe cât susțin cei mai mulți cosmologi.

O ipoteză alternativă, formulată de Hoyle și Burbidge, susține ca toate elementele ar fi de fapt produse în interiorul stelelor. Pentru a susține aceasta afirmație, ei spun că dacă abundența de heliu este obținută astfel plecând de la hidrogen, energia care rezultă prin termalizare generează o radiație de corp negru care are exact temperatura de 2,76 K, adică aproape cea observată. Ei argumentează că celelalte elemente ar putea fi produse prin activitate termală la suprafața stelelor, așa cum se știe că se întâmplă cu Soarele nostru și cu alte stele sau prin arderea incompletă a hidrogenului în interiorul stelelor.[23]

Obiecte vechi în galaxii noi?

Astronomi reputați susțin că unele galaxii cu o deplasare mare spre roșu, despre care modelul acceptat susține că sunt foarte noi, conțin obiecte foarte vechi precum gigante roșii plus fier sau alte metale. Întrucât galaxiile nu pot conține obiecte mai vechi decât ele însele, acești astronomi susțin că teoria îndeobște acceptată a Big Bangului trebuie să fie greșită. Voi analiza aceste afirmații mai în detaliu când voi discuta evoluția materiei în univers, în capitolul 8.

Niște neconcordanțe mai evidente cu dovezile sunt trei dintre cele cinci probleme menționate anterior: absența monopolilor magnetici, abaterea de la omogenitate cu o parte la 100.000 și izotropia radiației cosmice de fond. Aceste trei neconcordanțe cu dovezile, plus caracterului plat al universului din modelul Big Bangului i-au făcut pe majoritatea cosmologilor să

[i]) Vezi pagina 44.

îmbrățișeze soluția teoriei inflației ca parte a modelului ortodox al universului. Prin urmare, trebuie să examinăm validitatea acestei adăugiri la teoria de bază a Big Bangului.

Credibilitatea teoriei inflației

Linde spune că „dacă universul la începutul inflației avea 10^{-33} centimetri[i], după 10^{-35} secunde de inflație acest domeniu capătă o dimensiune de necrezut. Conform anumitor modele inflaționare, această mărime în centimetri poate ajunge la $(10^{10})^{12}$“, adică $10^{1000000000000}$ centimetri.[24] Unul dintre inițiatorii teoriei inflației susține că, într-o sută de mii de milioane de milioane de milioane de milionimi de secundă, un univers cu un diametru presupus de o mie de milioane de milioane de milioane de milioane de milionimi de centimetru s-ar fi putut extinde la mai bine de zece miliarde de ordine de mărime față de universul pe care îl observăm astăzi. Am fi nedrepți dacă am obiecta la adjectivul „de necrezut“ folosit de Linde.

Faptul că o conjectură e de necrezut nu înseamnă neapărat că este și incorectă din punct de vedere științific. Dar pentru a obține o asemenea creștere în dimensiune în atât de puțin timp universul trebuie să se fi mărit cu o viteză de foarte multe ori mai mare decât viteza luminii. Inflaționiștii insistă că acest fenomen nu încalcă legile relativității. Apelând la interpretarea lui Friedmann, ei susțin că nu materia din univers s-a deplasat cu viteză superluminică, ci spațiul dintre componentele materiei, iar teoria relativității nu interzice decât materiei și informației să se deplaseze cu viteze superluminice, nu și spațiului.

Cei mai mulți dintre teoreticienii inflației susțin astăzi opinia că Big Bangul fierbinte a avut loc după inflație, ceea ce înseamnă că nu a existat nimic concret – materie sau radiație –, ci numai o bulă de vid care a fost supusă procesului inflaționar, iar la sfârșitul procesului aceasta s-a transformat în energie și materie. Totuși, inflaționiștii susțin și că spațiul sau vidul care s-a extins are o anumită energie fundamentală și, din moment ce energia și masa sunt echivalente, rezultă că masa-energie a spațiului sau vidului s-a deplasat cu viteze mult mai mari decât viteza luminii, ceea ce contrazice teoria relativității.

Cum și când anume a început presupusa inflație a universului rămâne o întrebare deschisă. Versiunea pe care a propus-o prima oară Guth se baza pe marile teorii unificate [GUT – Grand Unified Theories] din fizica particulelor, astfel că inflația ar fi început la 10^{-35} secunde după Big Bang. De atunci, teoreticienii au dezvoltat peste o sută de teorii inflaționare bazate

[i]) O supoziție bazată pe intervalul dincolo de care teoria cuantică nu mai funcționează.

pe diferite mecanisme, care încorporează de obicei o anumită formă de câmp scalar denumită generic câmp de inflație; câteva dintre aceste tipuri de inflație sunt inflația haotică, dublă, triplă sau hibridă, de asemenea inflația bazată pe gravitație, spin, câmpuri vectoriale sau brane din teoria corzilor.[i] Fiecare versiune propune un alt moment de început, o perioadă diferită de inflație exponențială la viteză superluminică și un moment diferit de încheiere a inflației, ceea ce duce la dimensiuni foarte diferite ale universului. Cu toate acestea, fiecare dintre versiuni sugerează că la sfârșitul perioadei de inflație universul are extrem de improbabila densitate critică a masei în care Omega = 1, astfel încât un univers plat devine implicit unul stabil și își încetinește expansiunea.

Dacă Big Bangul are loc după ce universul trece prin inflație, trebuie găsit răspuns la câteva întrebări critice: ce s-a întâmplat înainte de inflație și de ce, cum și când a început inflația? Guth nu pare să-și facă foarte multe probleme: „teoria inflației permite o mare varietate de supoziții care privesc starea universului înainte de inflație“[25]; de asemenea, spune că „oricât de puțin probabil ar fi ca inflația să înceapă, creșterea exponențială externă poate compensa cu ușurință acest neajuns“[26]. Asemenea afirmații vagi nu sunt de regulă semnul unei teorii credibile.

O altă întrebare care poate fi adresată teoreticienilor inflației este ce anume determină diferitele mecanisme să genereze inflația exponențială a unui univers primordial superdens în pofida imensului său câmp gravitațional, care ar fi putut mai degrabă să-l facă să se prăbușească într-o gaură neagră[ii] din care nimic nu ar mai fi putut scăpa. Pentru a răspunde acestei întrebări, cei mai mulți teoreticieni au reintrodus în ecuațiile lor constanta arbitrară Lambda pe care Einstein o declarase deja o eroare. Dând acestei constante arbitrare o valoare pozitivă mult mai mare decât cea pe care i-o dăduse Einstein, ei asigură câmpurilor inflaționare o energie gravitațională negativă (sau repulsivă) uriașă ce face ca imensul câmp gravitațional normal să devină neînsemnat.

Cât despre ce este Lambda în realitatea fizică, atât de diferită de o constantă matematică arbitrară care oferă o soluție dorită unei ecuații, voi trece în revistă diferitele teorii în capitolul 4, pentru că, la mai bine de cincisprezece ani de când a fost formulată ipoteza inflației, cosmologii au invocat-o din nou – deși, de data asta, cu o nouă valoare – pentru a explica alte observații astronomice empirice care intrau în contradicție cu modelul Big Bangului.

Evident, nu toate versiunile inflației pot fi simultan corecte, dar Guth comentează: „Din numeroasele versiuni ale inflației putem trage puține

---

[i]) Principalele versiuni sunt discutate mai în detaliu la pagina 152 și următoarele.

[ii]) Vezi glosarul pentru o definiție completă a *găurii negre.*

concluzii [...]. Inflația cere doar să existe o *oarecare* stare care să joace rolul unui fals vid și să existe un *oarecare* mecanism care să producă barioni (protoni și neutroni, de exemplu) în univers după ce inflația s-a încheiat. Astfel, teoria inflației poate supraviețui, chiar dacă MTU sunt eronate [sublinierile îmi aparțin].“[27] Dar această descriere nu se potrivește unei teorii științifice riguroase, ea este mai degrabă un ansamblu de conjecturi atât de abstracte și de generalizate încât nu au semnificație în lumea fizică.

Această problemă de definire apare pentru că teoriile cosmologice au fost formulate de teoreticieni al căror principal instrument de lucru este matematica. Matematicienii folosesc termenul „teorie“ pentru a desemna o colecție de propoziții matematice care sunt demonstrabile prin deducție pornind de la un set de supoziții inițiale sau axiome și care sunt exprimate prin simboluri sau formule. O teorie matematică nu este obligatoriu într-o relație de corespondență cu fenomenele fizice, după cum a recunoscut Einstein: „Scepticul va spune: «poate fi perfect adevărat că acest sistem de ecuații este rezonabil din punct de vedere logic. Dar asta nu înseamnă că el corespunde naturii». Ai dreptate, dragă scepticule. Numai experiența poate decide în privința adevărului.“

Deși majoritatea cosmologilor consideră că disciplina lor e o știință, mulți confundă teoriile matematice cu cele științifice, care sunt destul de diferite. Știința este o disciplină empirică, iar o teorie științifică trebuie să explice un set de fenomene care au fost validate printr-un set de experimente sau observații independente și este folosită pentru a face predicții sau retrodicții despre diversele fenomene.

Dovezi aduse în favoarea teoriei inflației

Reușește vreuna dintre ipotezele inflaționare să facă predicții unice care să fie confirmate de dovezi? În 1997, Guth scria: „E corect să spunem că inflația nu este dovedită, dar simt că parcurge rapid drumul de la ipoteză la fapt general acceptat.“[28] În 2004, declara că „predicțiile făcute de teoria inflației se potrivesc de minune cu ceea ce a fost măsurat în radiația cosmică de fond (RCF)“[29]. Într-adevăr, echipa științifică responsabilă cu WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe) a anunțat în 2006 că fluctuațiile descoperite în radiația cosmică de fond favorizează cele mai simple versiuni ale inflației, iar acest lucru a confirmat inflația ca element esențial al explicației cosmologice ortodoxe privind apariția universului.

Mai mult, în 2014 echipa care supraveghea între unul și cinci grade din suprafața cerului (adică de două până la zece ori diametrul unei luni pline) de lângă Polul Sud, proiect cunoscut sub numele de BICEP2, au anunțat că au găsit dovezi directe care susțin inflația.[30]

Ceea ce au descoperit de fapt era un semnal de polarizare în modul B în fondul cosmic de radiații. Echipa BICEP2 a conchis că acesta trebuie să fi

fost un semnal cauzat de undele gravitaționale primordiale produse de expansiunea inflaționară a universului. După entuziasmul inițial și discuțiile despre Premiul Nobel, două studii independente bazate pe datele de la BICEP2 au arătat că semnalul putea la fel de bine să fie pus în seama prafului cosmic și câmpurilor magnetice galactice aflate chiar în interiorul Căii Lactee.[31] Mai mult, semnalele erau mult mai puternice decât ar fi trebuit, nefiind în concordanță cu datele de la WMAP și de la telescopul Planck.

Dacă diferitele variante ale teoriilor inflației fac efectiv asemenea predicții sau dacă parametrii stabiliți ai ecuațiilor lor de câmp sunt aleși în așa fel încât să producă rezultate aflate în concordanță cu observațiile vom vedea în capitolul 8. Literatura cosmologică menționează arareori faptul că fluctuațiile din fondul de radiații sunt considerate concordante și cu alte ipoteze, precum modelul sferic simetric neomogen al universului, modelul ciclic ekpyrotic, cosmologia stării cvasistaționare sau modelul universului etern din cosmologia plasmei.

Voi examina toate aceste ipoteze și datele WMAP mai în detaliu când voi discuta, în capitolul 6, chestiunea interpretării datelor. Acum voi spune doar că Peter Coles, profesor de astronomie la Universitatea din Nottingham semnalează existența unor discrepanțe între datele furnizate de WMAP și modelele inflației, de exemplu inexplicabila aliniere ale anumitor componente ale punctelor fierbinți și reci, care teoretic ar trebui să nu aibă nici o structură. El conchide:

> Există puține dovezi directe că inflația chiar a avut loc. Datele obținute prin observarea radiației cosmice de fond [...] sunt coerente cu ideea că inflația a avut loc, dar nu înseamnă că acest lucru s-a și întâmplat efectiv. În plus, nu avem idee ce anume ar fi putut s-o provoace în cazul în care ea chiar a avut loc.[32]

Această poziție este asemănătoare cu cea a lui Rowan-Robinson:

> Au fost propuse mai multe ipoteze cu privire la felul în care a avut loc inflația. Trăsătura comună esențială este perioada în care a avut loc inflația exponențială în universul timpuriu, care rezolvă problemele orizontului și caracterului plat al universului. Nu există însă nici o dovadă că acest fenomen chiar a avut loc și, de fapt, chiar mi-e greu să-mi imaginez cum ar putea fi obținute asemenea dovezi.[33]

Ellis atrage atenția asupra slăbiciunilor și puterii predictive scăzute a teoriei inflației:

> Dacă această ipoteză rezolvă numai problemele specifice universului timpuriu pentru care a fost formulată și nimic altceva, atunci ea are de

> fapt o putere explicativă redusă, reprezintă mai degrabă numai o descriere alternativă (probabil preferabilă din punct de vedere teoretic) a situației cunoscute [...], presupusul câmp de inflatoni care ar fi produs o perioadă inflaționară de expansiune rapidă în universul timpuriu nu a fost identificat și cu atât mai puțin probat experimental în laborator. Întrucât acest câmp φ este necunoscut, i se poate asocia un potențial $V_{(\varphi)}$ arbitrar. S-a demonstrat astfel că putem obține practic orice evoluție la scară a universului, $S_{(t)}$, prin alegerea potrivită a potențialului; și aproape orice spectru al perturbațiilor [care, se presupune, a creat fluctuațiile din RCF] poate fi obținut printr-o alegere potrivită (posibil diferită). Într-adevăr, în fiecare caz, matematica poate fi folosită în sens invers pentru a determina potențialul cerut $V_{(\varphi)}$ pornind de la rezultatele dorite.[34]

În sfârșit, dacă o teorie aspiră la statutul de teorie științifică, atunci ea trebuie să devină testabilă. Pretenția centrală a tuturor teoriilor inflației este aceea că universul pe care îl observăm este doar o parte infimă a întregului univers. Dacă informația nu poate depăși sub nici o formă viteza luminii înseamnă că nu putem comunica cu (și nici nu putem obține vreo informație despre) alte părți ale universului. Până când cei care au propus diversele modele ale inflației vor dezvolta o metodă de a proba fără nici o ambiguitate existența a ceva cu care nu putem comunica și despre care nu putem obține informații, principala lor afirmație nu este doar netestată, ci și netestabilă.

După cum a observat John Maddox, editor-șef al revistei *Nature* vreme de douăzeci și trei de ani, „un fapt grăitor cu privire la obiceiurile comunității cercetătorilor e acela că scepticismul ei perpetuu și sănătos nu s-a revărsat cu obișnuita generozitate asupra acestei teorii îndrăznețe și ingenioase“[35].

CONCLUZII

Este greu să evităm concluzia că teoria cosmologică ortodoxă actuală nu este credibilă pentru că multe dintre presupunerile ei fundamentale nu sunt valide și pentru că depinde de valoarea unor parametri arbitrari, introduși doar pentru a fi în acord cu observațiile. În plus, diversele modele ale inflației, formulate pentru a explica neconcordanțe ale modelului de bază al Big Bangului cu datele obținute din observație, nu numai că nu sunt demne de încredere, dar au în centru afirmații netestabile.

În plus, aceste modele nu reușesc să abordeze sau să explice în chip adecvat câteva probleme importante la care mă voi referi în capitolul următor.

CAPITOLUL 4

Ce nu reușește să explice teoria științifică ortodoxă

> Ca principiu științific general, nu e de dorit să depindem de ceea ce este neobservabil pentru a explica ceea ce este observabil.
>
> —Halton Arp, 1990

> Nu numai că nu putem vedea din ce este făcută cea mai mare parte a universului, dar nici măcar nu suntem făcuți din ce este făcută cea mai mare parte a universului.
>
> —Bernard Sadoulet, ~ 1993

Dacă teoria științifică ortodoxă, modelul inflaționist al Big Bangului, vrea să ne ofere o explicație credibilă a originii materiei din care suntem alcătuiți, atunci trebuie să răspundă la șase întrebări esențiale.

SINGULARITATEA

Conform modelului Big Bangului, dacă dăm înapoi ceasul expansiunii universului, se produce o singularitate. Fizicienii teoreticieni au dezvoltat ideea de singularitate analizând găurile negre. Ea poate fi definită astfel:

> **singularitate** Regiune ipotetică în spațiu-timp unde forțele gravitaționale fac ca o masă finită să se comprime într-un volum infinit de mic și, prin urmare, să aibă o densitate infinită, și unde spațiul-timp devine infinit distorsionat.

În 1970, Stephen Hawking și Roger Penrose au publicat o demonstrație matematică a faptului că trebuie să fi existat o singularitate în momentul Big Bangului, cu condiția ca teoria relativității generale să fie corectă și ca universul să conțină exact atâta materie câtă observăm. Aceasta a devenit teoria ortodoxă.

Hawking, totuși, și-a schimbat de atunci părerea și acum crede că singularitatea dispare odată ce sunt luate în considerare efectele cuantice (vezi ipoteza Hartle-Hawking a universului fără frontiere din capitolul următor).

Prin urmare, ne putem întreba: a existat o singularitate în momentul Big Bangului și, dacă da, ce știm despre univers în acest punct?

Teoria ortodoxă este echivocă în privința primei părți a întrebării. În ceea ce privește răspunsul la cea de-a doua parte, ea nu ne spune nimic, întrucât, după cum am văzut în capitolul anterior[i], cele două subteorii pe care se bazează, teoria relativității și teoria cuantică, nu mai funcționează. Deși cele 10^{-43} secunde pot părea o perioadă absurd de scurtă, în care nu se poate specifica nimic, diferitele modele ale inflației speculează că într-o asemenea perioadă, înainte sau după Big Bang, au avut loc evenimente extrem de importante.

RAPORTUL OBSERVAT DINTRE MATERIE ȘI RADIAȚIE

Teoria ortodoxă cu privire la originea materiei invocă teoria standard din fizica particulelor pentru a explica cum a fost creată materia din energia eliberată în momentul Big Bangului.

Conform teoriei standard, o particulă elementară de materie se poate materializa spontan dintr-un câmp de energie laolaltă cu o particulă simetric opusă de antimaterie, care are aceeași masă și același spin, dar sarcină opusă. Astfel, un electron (încărcat negativ) apare împreună cu un pozitron (încărcat pozitiv), iar un proton (încărcat pozitiv) apare împreună cu un antiproton (încărcat negativ). În condiții de laborator, aceste particule și antiparticule pot fi separate și „încapsulate" de câmpuri electromagnetice. Totuși, fără aceste câmpuri aplicate din exterior, viața acestor particule și antiparticule elementare este infim de scurtă, de obicei 10^{-21} secunde, după care se anihilează unele pe altele într-o eliberare explozivă de energie – un proces invers față de cel prin care au fost create.

Astfel, modelul inflaționar al Big Bangului trebuia să explice următoarele: a) din moment ce toate perechile particulă-antiparticulă produse au fost împinse unele spre altele în mediul extrem de dens de după Big Bang, cum de particulele și antiparticulele nu s-au anihilat unele pe altele; b) din moment ce știm că în univers există o cantitate enormă de materie, unde este cantitatea corespunzătoare de antimaterie?

Speculațiile cu privire la existența antigalaxiilor au dus la estimări ale raportului dintre fotoni și protoni în univers de aproximativ două miliarde la unu. Prin urmare, au conchis teoreticienii, pentru fiecare miliard de antiparticule – antiprotoni și pozitroni – care s-au materializat din energia eliberată la Big Bang trebuie să se fi materializat, corespunzător, un miliard și una particule – protoni și electroni. Câte un miliard de particule și antiparticule s-au anihilat reciproc într-o eliberare explozivă de energie, producând două miliarde de fotoni, care sunt cuante de energie electromagnetică. Conform modelului Big Bangului, exact această energie, care între timp s-a extins și s-a răcit, formează radiația cosmică de fond pe care o vedem astăzi. Cei un mili-

[i]) Vezi pagina 55.

ard și unu de protoni și cei un miliard și unu de electroni orfani au supraviețuit și s-au combinat pentru a forma toată materia pe care o vedem azi în univers – toate planetele, sistemele solare, galaxiile și roiurile galactice.

Totuși, aceste estimări nu erau în concordanță cu teoria standard din fizica particulelor, care susținea că, în conformitate cu legile simetriei, se puteau materializa numai perechi de particule și antiparticule.

Motivele acestei neconcordanțe au rămas o problemă pentru fizicienii teoreticieni până la jumătatea anilor '70 ai secolului trecut, când a fost lansată conjectura că, la temperaturile extrem de înalte din timpul Big Bangului, trei dintre forțele fundamentale ale naturii – forța electromagnetică, forța nucleară slabă și forța nucleară tare[i] – sunt doar aspecte diferite ale aceleiași forțe. Teoreticienii au dezvoltat diverse modele matematice, pe care le-au denumit marile teorii unificate, deși datele experimentale au infirmat teoriile inițiale și nu au furnizat dovezi nici pentru alte modele. Aceste conjecturi permit oricărui tip de particulă elementară să interacționeze cu toate celelalte și să se transforme în orice altă particulă. În consecință, fizicienii teoreticieni au considerat că nu este nevoie ca simetria dintre materie și antimaterie să se păstreze. Așa că au ajustat modelul standard ca să poată explica asimetria. Această ajustare nu prezice și cantitatea de asimetrie, dar, la fel ca sarcina electronului, necesită măsurători bazate pe observație care sunt apoi introduse în model, pentru ca acesta să devină coerent cu observațiile.

În ciuda speranțelor exprimate în anii '70, asimetria materie–antimaterie din laborator nu a fost detectată și măsurată până în 2001, când mezonii B – particule despre care se credea că ar conține un cuarc bottom și un cuarc anti-down – și mezonii anti-B au fost produși și au rezistat vreme de 10^{-12} secunde. Totuși, asimetria observată nu a fost suficient de mare pentru a explica proporția estimată dintre energie și materie în univers.[1]

Astfel, teoria științifică ortodoxă actuală cu privire la originea materiei are de dat un răspuns convingător la întrebarea cum s-a format materia din energia eliberată la Big Bang în așa fel încât să producă proporția dintre materie și energie pe care o observăm astăzi în univers.

MATERIA ÎNTUNECATĂ ȘI OMEGA

Două probleme apar aici.

În primul rând, dacă se estimează masa unei galaxii prin metoda convențională a măsurării luminozității sale, atracția gravitațională a masei este de doar o zecime din cea necesară pentru a ține toate stelele pe orbită în jurul centrului său. Similar, atracția gravitațională a masei unui roi de

[i]) Vezi glosarul pentru explicarea acestor forțe.

galaxii, măsurată după luminozitatea sa, este de numai aproximativ o zecime din cea necesară pentru a menține galaxiile laolaltă în roiuri.

Acest lucru nu este foarte surprinzător, pentru că metoda convențională constă doar în a măsura lumina emisă. Stelele și galaxiile cu mase diferite au luminozități diferite și se află la distanțe diferite de noi, astfel că lumina celor care se găsesc mai departe poate fi mai estompată de gaz, de praf sau de lumina stelelor mai apropiate. De aceea, măsurarea masei reprezintă doar o estimare brută pe baza unei medii a valorilor estimate „cunoscute".

Încă și mai semnificativ, metoda convențională nu măsoară masa a ceva ce nu emite sau nu reflectă lumină. Dacă teoria relativității generale este validă, atunci ar trebui să existe de circa zece ori mai multă materie nonluminoasă – materie întunecată – care să se extindă dincolo de raza fiecărei galaxii vizibile pentru a o împiedica să se disipeze în spațiu. De asemenea, ar trebui să existe de circa zece ori mai multă materie întunecată în ceea ce a fost considerat a fi vidul din jurul galaxiilor vizibile dintr-un roi.

Numeroasele speculații cu privire la ce anume ar putea fi materia întunecată pot fi grupate în două categorii.

MACHO Massive Compact Halo Objects sunt forme de materie foarte densă, precum găurile negre, piticele brune și alte stele cu luminozitate scăzută – preferate de astrofizicieni pentru a explica materia întunecată.

WIMP Weakly Interacting Massive Particles sunt particule rămase în urma Big Bangului, precum neutrinii, care au de o sută de ori masa unui proton, și altele – preferate de fizicienii particulelor pentru a explica materia întunecată.

Deși existența materiei întunecate a fost inferată din efectele sale gravitaționale, cercetările desfășurate timp de peste treizeci de ani nu au reușit să-i explice natura și nici să confirme experimental existența WIMP. Mulți fizicieni ai particulelor speră că Large Hadron Collider va produce în cele din urmă dovezi ale existenței acestor particule, după ce, la redeschiderea acceleratorului, în 2015, energia sa de ciocnire se va dubla.

A doua problemă este că, și în condițiile în care am adăuga întreaga materie întunecată necesară pentru a ține stelele pe orbită în galaxii și galaxiile grupate în roiuri la materia vizibilă și cunoscută, masa totală obținută ar fi mult prea mică pentru a exercita suficientă atracție gravitațională care să echilibreze energia cinetică a expansiunii universului conform modelului inflaționar ortodox al Big Bangului. Estimările produc o valoare a parametrului de densitate Omega de 0,3,[2] ceea ce este semnificativ mai puțin decât valoarea 1 caracteristică universului plat presupus de modelul Friedmann-Lemaître și explicat prin conjecturile inflației.

Așadar, teoria științifică ortodoxă cu privire la originea materiei nu reușește momentan să răspundă la aceste întrebări: a) ce este materia întunecată care, aparent, menține stelele pe orbite și galaxiile în roiuri? b) ce anume este și unde este materia întunecată suplimentară necesară pentru a asigura concordanța cu modelul ortodox al universului?

ENERGIA ÎNTUNECATĂ

Ca și cum lucrurile nu erau deja destul de complicate în legătură cu modelul ortodox, în 1998 astronomii au anunțat o descoperire și mai importantă.

Odată cu dezvoltarea tehnologiei și a teoriei astrofizice, două echipe internaționale de astronomi au reușit să colecteze date provenind de la supernove de tip 1a cu o deplasare mare spre roșu; ei au considerat că aceste explozii violente ale unor stele albe pitice produc luminozități standard. Conform cosmologiei ortodoxe, nivelul deplasării spre roșu arăta că erau stele aflate la mare distanță și, prin urmare, tinere, care au explodat atunci când universul avea în jur de 9 sau 10 miliarde de ani. Cu toate acestea, erau mai palide decât ar fi fost de așteptat. Cosmologii au tras concluzia că probabil se află la distanțe mai mari decât prezicea modelul geometriei plate Friedmann-Lemaître, care spune că rata de expansiune a universului scade. Au dedus de aici că a existat ceva ce a accelerat expansiunea universului. Au denumit acest ingredient necunoscut „energie întunecată".[3]

Plecând de la supozițiile teoriei ortodoxe și de la interpretarea datelor astronomice, oamenii de știință care conduceau Wilkinson Microwave Anisotropy Probe au anunțat, în 2003, că universul este format din 4% materie cunoscută, 23% materie întunecată de un tip necunoscut și 73% misterioasa energie întunecată.[i] Cu alte cuvinte, materia întunecată necunoscută, care face să pară insignifiantă materia pe care o cunoaștem, pare la rândul ei insignifiantă în comparație cu o energie misterioasă care formează mai bine de două treimi din univers. Probabil că vorbele lui Bernard Sadoulet amintite la începutul capitolului ar trebui citite astfel: „Nu numai că nu suntem făcuți din ce este alcătuită cea mai mare parte a universului, dar nici nu știm din ce este alcătuită cea mai mare parte a universului."

Figura 4.1 prezintă acest model ortodox revizuit al istoriei universului.

Oamenii de știință au trecut imediat la încercarea de a identifica această energie întunecată. Cosmologii teoreticieni au considerat că pot explica

[i]) Datele provenite de la telescopul spațial Planck al Agenției Spațiale Europene au dus la o revizuire a acestor procente astfel: 4,9% materie cunoscută, 26,8% materie întunecată și 68,3% energie întunecată.

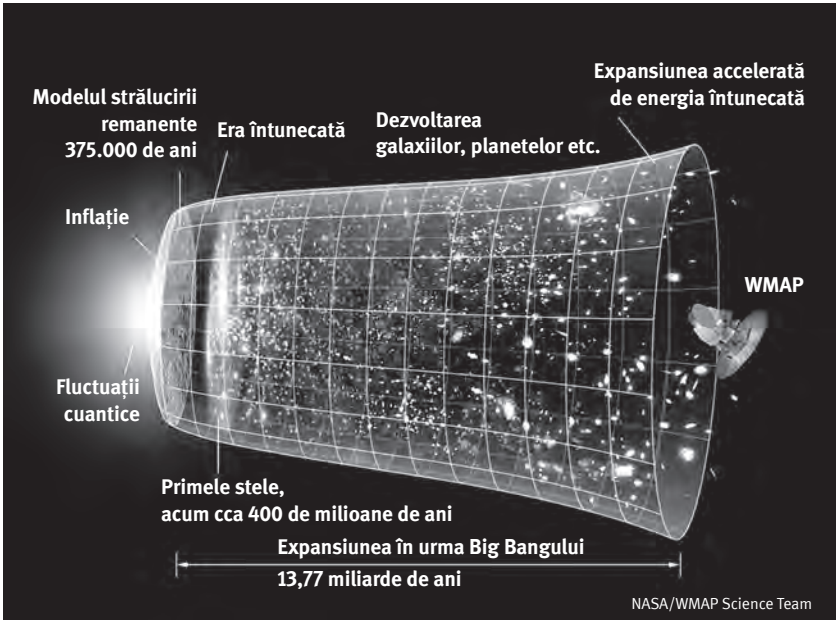


Figura 4.1 Istoria universului conform cosmologiei ortodoxe.

această relativ recentă creștere a ratei de expansiune a universului reintroducând constanta Lambda în ecuațiile lui Einstein.

După cum am văzut în capitolul 3, Einstein însuși abandonase această constantă cosmologică, considerând-o cea mai mare greșeală a lui. Ea nu apare în ecuațiile Friedmann folosite în modelul de bază al Big Bangului, dar cele mai multe modele inflaționare au reintrodus-o, deși cu o valoare mult mai mare decât cea a lui Einstein și doar pentru o perioadă extrem de scurtă de timp, ca să explice inflația universului primordial până când a ajuns să dobândească o densitate a masei critice cu Omega = 1, necesară unei expansiuni decelerate stabile. (Din moment ce este o constantă arbitrară, cosmologii îi pot da orice valoare, pozitivă, negativă sau zero.)

Astăzi, teoreticienii au introdus din nou constanta cosmologică – dar cu o valoare foarte diferită atât de cea dată de Einstein, cât și de cea a inflaționiștilor –, pentru a încerca să justifice accelerația implicată, care era mult mai mică decât accelerația din modelul inflaționar. Așadar, cosmologul Rocky Kolbe, de la Universitatea din Chicago, are întru câtva dreptate când o numește constanta cosmo-ilogică.

Dar dacă se dorește ca Lambda să fie mai mult decât o constantă matematică pe care fizicienii pot s-o introducă arbitrar în ecuațiile lor și să-i schimbe valoarea până când soluțiile lor se potrivesc cu observațiile, atunci

ea trebuie să aibă o semnificație în lumea reală. Fizicienii particulelor au crezut că reprezintă punctul zero, fundalul cuantic al universului, adică cea mai redusă stare energetică posibilă a universului, energia care se asociază cu spațiul vid. Dar atunci când i-au calculat valoarea astfel s-a dovedit a fi cu 120 de ordine de mărime mai mare decât cea observată de astronomi.[4]

În plus, teoreticianul Martin Kunz și colegii lui au pus paie pe foc în controversa despre Lambda arătând că, în primul rând, datele astronomice sunt prea disparate, iar în al doilea rând interpretarea datelor este implicit sensibilă la supozițiile cu privire la natura energiei întunecate. Ei au sugerat că, luând în considerare și comparând date despre mai multe fenomene astrofizice, s-ar putea elimina ipoteza unei constante cosmologice înțeleasă drept origine a energiei întunecate.[5]

Un alt fizician al particulelor, Syksy Rasanen, de la CERN, a pus la rându-i paie pe foc susținând că expansiunea accelerată a universului nu este de fapt produsă de o misterioasă energie întunecată, ci, paradoxal, de o *descreștere* tot mai mare a ratei de expansiune a acelor mici regiuni ale spațiului dominate de materie. Pe măsură ce aceste regiuni atrag tot mai multă materie, prin forța atracției gravitaționale, ele se condensează și ocupă un procent tot mai mic – și mai puțin important – din întregul volum al universului. Expansiunea regiunilor de vid continuă nestingherită pe măsură ce procentul ocupat de ele în volumul universului crește. Efectul global, sugerează Rasanen, este că rata medie de expansiune a universului crește fără să fie nevoie de prezența energiei întunecate.[6]

În 2011, fizicianul teoretician Ruth Durrer, de la Universitatea din Geneva, a subliniat că toate tipurile de dovezi ale existenței energiei întunecate care au fost invocate până acum depind de distanțe calculate conform deplasării spre roșu care sunt mai mari decât cele prezise de modelul standard.[7] Richard Lieu, profesor de astrofizică la Universitatea din Alabama, merge și mai departe și susține că modelul standard, care acum include materia întunecată și energia întunecată, „a ajuns să fie susținut de o cantitate uriașă de propagandă care suprimă contradovezile și respinge modelele concurente." El spune că cel puțin două modele concurente, unul eliminând materia întunecată, celălalt eliminând atât materia întunecată, cât și energia întunecată, nu produc rezultate diferite indiferent dacă reușesc sau nu să intre în concordanță cu dovezile, și conchide că, cu cât tabăra care susține modelul ortodox și domină agențiile de finanțare se descurcă mai rău în identificarea acestor ingrediente întunecate, cu atât investesc mai mult din banii contribuabililor sufocând complet abordările alternative.[8]

Ellis susține și el că sunt posibile explicații alternative ale datelor astronomice. Acestea pot să se potrivească, de exemplu, cu un model al universului sferic simetric și neomogen, sau pot să se datoreze parțial reacției specifice

a neomogenităților asupra expansiunii cosmice sau efectului neomogenităților asupra ariei efective.[9]

Cosmologul Lawrence Krauss trage concluzia că „natura «energiei întunecate» care cauzează aparenta expansiune accelerată a universului este, fără îndoială, cel mai mare mister din fizică și astronomie.“[10]

Astfel, dacă teoria științifică ortodoxă cu privire la originea materiei se dorește convingătoare, ea trebuie să găsească răspuns la următoarele întrebări: a) expansiunea universului este sau nu accelerată? b) dacă este accelerată, când anume expansiunea decelerată s-a transformat în expansiune accelerată? c) ce cauză verificabilă produce această accelerație?

REGLAJUL FIN AL PARAMETRILOR COSMOLOGICI

Atunci când am examinat, în capitolul 3, problema caracterului plat al Universului din modelul de bază al Big Bangului, am văzut cum diferențe infinitezimale ale valorii lui Omega – o măsură a atracției gravitaționale a materiei din univers în raport cu energia sa de exapansiune – produc tipuri foarte diferite de univers.

În anul 2000, Astronomul Regal al Marii Britanii, Martin Rees, a afirmat că universul nu ar fi evoluat până la stadiul în care se află acum, când găzduiește ființe ca noi, care se gândesc la originea universului, dacă nu numai valoarea lui Omega, ci și valorile altor cinci parametri cosmologici ar fi fost fie și doar cu puțin diferite.

De fapt, se crede că pentru evoluția umană este nevoie de reglajul fin al multor altor parametri în afară de cei șase ai lui Rees, și voi analiza problema „universului antropic“ mai în detaliu în capitolele viitoare. Deocamdată este suficient să spunem că teoria cosmologică ortodoxă nu reușește să explice cum și de ce universul care a apărut în urma Big Bangului a luat exact forma pe care a luat-o, când erau posibile multe alte forme.

CREAȚIA DIN NIMIC

Aceasta este a cincea problemă pomenită mai sus. Este cea mai importantă întrebare la care trebuie să răspundă teoria cosmologică ortodoxă cu privire la originea materiei. Simplu spus, de unde a venit totul?

Mai exact, de unde a venit energia care nu numai că a produs întreg universul, dar a și ținut piept atracției gravitaționale a materiei superdense create atunci – infinit de densă, dacă a început sub forma unei singularități – și a provocat extinderea universului până la dimensiunile sale actuale?

Mulți cosmologi îmbrățișează ideea că ar proveni din energia netă zero a universului. Ca o consecință a teoriei relativității restrânse a lui Einstein,

orice masă *m* are o energie asociată echivalentă cu $E = mc^2$, iar această masă-energie de repaus are în mod convențional o valoare pozitivă. Guth susține că energia unui câmp gravitațional este negativă. Sprijinindu-se pe o idee care, se pare, a fost exprimată prima oară de Richard Toman în 1934[11], explicația lui Guth pentru creația din nimic folosind ideea energiei nete zero poate fi rezumată după cum urmează:

1. Dacă principiul conservării energiei se aplică și universului, atunci astăzi universul trebuie să aibă o cantitate de energie egală cu cea din care a fost creat.
2. Dacă universul a fost creat din nimic, atunci energia totală a universului trebuie să fie 0.
3. Întrucât universul conține astăzi, în mod evident, o insondabilă masă-energie a o sută de miliarde de galaxii aflate în expansiune, atunci trebuie să existe un alt tip de energie care s-o compenseze.
4. Din moment ce câmpul gravitațional are o energie negativă, cantitatea enormă de energie pe care o observăm poate fi anulată printr-o contribuție negativă de aceeași mărime din partea câmpului gravitațional.
5. Din moment ce nu există nici o limită a mărimii energiei din câmpul gravitațional, nu există nici o limită a cantității de masă-energie pe care o poate anula.
6. Prin urmare, se poate ca universul să fi apărut din absolut nimic într-o manieră concordantă cu toate legile conservării pe care le cunoaștem.[12]

Propoziția (2) depinde de condiția ca universul să fi fost *într-adevăr* creat din nimic. Acesta nu este însă nici pe departe un adevăr de la sine înțeles. De aceea, validitatea propoziției este discutabilă.

Propoziția (5) se bazează, la rândul ei, pe o supoziție discutabilă; voi discuta termeni precum „fără limite“ și „fără hotare“ în capitolul 6, când mă voi ocupa de infiniții dintr-un cosmos fizic.

Chiar dacă am accepta aceste propoziții discutabile, explicația de mai sus arată totuși cum universul *ar fi putut teoretic* să evolueze din nimic, nu însă și *cum* a evoluat *practic*. Edward Tryon a propus în 1973 ipoteza „fluctuațiilor cuantice ale vidului“. Conform principiului indeterminării din teoria cuantică, nu putem măsura energia exactă a unui sistem la un anumit moment. Astfel, teoria cuantică permite conjectura că și vidul, un spațiu din care a fost eliminat totul, are un punct zero sau o stare fundamentală a energiei fluctuante din care o pereche particulă-antiparticulă poate să se materializeze spontan, să existe pentru o perioadă incredibil de scurtă, pentru ca apoi să dispară. Tryon a sugerat că universul s-a materializat spontan dintr-un vid printr-o asemenea fluctuație cuantică.[13]

Totuși, în teoria cuantică, probabilitatea ca un obiect să se materializeze din vid scade dramatic odată ce cresc masa și complexitatea lui, așa că probabilitatea ca un univers complex în vârstă de 14 miliarde de ani și cu o masă de zece mii de miliarde de miliarde de ori mai mare decât masa Soarelui să fi apărut în acest fel este atât de mică, încât putem spune că e imposibil. Sugestia lui Tryon nu a fost luată în serios până când nu i-a venit în ajutor teoria inflației.

Guth și alții speculează că, în perioada infinitezimal de scurtă în care au loc astfel de fluctuații cuantice ale vidului, proto-universul trebuie să fi crescut într-o fracțiune de secundă cu aproximativ 50 de ordine de mărime, în ciuda câmpului gravitațional al materiei sale, care l-ar fi putut duce la colaps.

Această idee conține două provocări. În primul rând, după cum am văzut în capitolul 3, cu toate că teoreticienii inflației încearcă să dovedească altceva, masa-energie nu se poate deplasa cu viteze superluminice fără să intre în conflict cu teoria relativității.[i]

În al doilea rând, după cum am văzut în capitolul precedent, există circa o sută de versiuni ale teoriei inflației, dar majoritatea urmează teoria lui Linde și presupun că mecanismul este un fel de câmp scalar, numit generic câmp de inflație. Totuși, spre deosebire de un câmp electromagnetic, care poate fi identificat și măsurat, nimeni nu a găsit încă vreo cale de a identifica și cu atât mai puțin de a măsura un câmp de inflație. Această conjectură crucială nu este susținută în nici un fel de dovezi empirice.

Se presupune că energia care ține activ acest câmp de inflație vine din energia netă zero a universului. În vreme ce Rees este atent să folosească termenul „conjectură“ pentru această idee[14], Hawking nu are asemenea rezerve. El susține că, în cazul unui univers care este aproximativ uniform în spațiu, energia gravitațională negativă contracarează exact energia pozitivă a materiei. De aceea, energia totală a universului este zero. „De două ori zero e tot zero. De aceea, universul își poate dubla cantitatea de materie-energie pozitivă, dublându-și și energia gravitațională, fără să încalce legile conservării energiei. [...] În timpul fazei inflaționare, universul și-a mărit cu mult dimensiunea. De aceea, cantitatea totală de energie disponibilă pentru crearea de particule devine foarte mare. După cum a remarcat Guth, «se spune că nu există mese gratis, dar universul este masa gratis absolută»“.[15]

Nu cunosc prea mulți oameni de știință, cu excepția cosmologilor, care să creadă în existența meselor gratis. Dar, chiar dacă universul ar fi o masă gratis, de unde provin totuși ingredientele? Mai precis, un vid cu o energie fundamentală care trece prin fluctuații cuantice aleatorii nu poate fi considerat un nimic. De unde provine acest vid? În plus, cum poate fi testată această conjectură?

---

[i]) Vezi pagina 61.

Iată întrebările la care trebuie să răspundă cosmologia ortodoxă dacă vrea ca această conjectură a creației din nimic să fie tratată ca o teorie științifică.

CONCLUZII

Capitolul 3 s-a încheiat cu concluzia că teoria cosmologiei ortodoxe nu este credibilă și că ideea centrală a teoriei inflației, adăugată ca să explice anumite contradicții cu datele obținute prin observație, este aproape sigur netestabilă.

Acest capitol se încheie cu concluzia că, în pofida altor două adaosuri majore – materia întunecată și energia întunecată –, teoria actuală nu reușește să dea răspunsuri convingătoare la șase întrebări esențiale: dacă universul a început sau nu ca o singularitate și, dacă da, în ce fel s-a petrecut asta; cum s-a format materia din energia eliberată la Big Bang pentru a produce raportul dintre energie și materie pe care-l observăm astăzi; ce este această materie întunecată aparent necesară pentru a explica de ce galaxiile sau roiurile galactice nu se disipează și ce anume și unde este cantitatea mult mai mare de materie întunecată necesară pentru a explica de ce rata de expansiune a universului este cea prezisă de teorie; când și cum această rată de expansiune decelerată a devenit aparent accelerată și ce anume este energia întunecată invocată drept cauză a acestui fenomen; cum și de ce universul a luat forma pe care a luat-o, când erau posibile atâtea alte forme; și, cel mai important, cum anume a fost creat totul din nimic, ținând cont că bula originară de vid are o energie fundamentală diferită de zero și, prin urmare, nu poate fi considerată un nimic.

În 1989, revista *Nature* a publicat un editorial în care modelul Big Bangului era descris drept „inacceptabil" și se prezicea că „foarte probabil nu va supraviețui următorului deceniu"[16]. A supraviețuit mai mult decât atât: modelul inflaționar al Big Bangului fierbinte reprezintă încă explicația ortodoxă a cosmologiei cu privire la originea universului. Dar cât va mai dura asta?

Alte ipoteze concurează fie pentru a modifica modelul ortodox, fie pentru a-l depăși. Furnizează ele o explicație pentru originea universului mai riguroasă din punct de vedere științific?

CAPITOLUL 5

Alte conjecturi cosmologice

> Căutarea unei alternative [la modelul ortodox] este un mod corect de a proceda din punct de vedere științific. Știința avansează cel mai rapid când există două sau mai multe idei concurente.
>
> —Paul Steinhardt, 2004

> Mulți dintre teoreticienii practicieni de azi nu par să fie preocupați că ipotezele lor vor trebui până la urmă să dea piept cu observațiile despre realitatea obiectivă. —Michael Riordan, 2003

Unii cosmologi, spre deosebire de unii papi, nu sunt foarte fericiți cu ideea că universul a început să existe printr-o explozie din nimic. Pentru ei, ideea că universul este etern e mult mai atrăgătoare. O dificultate în evaluarea ideilor lor și a alternativelor la teoria inflaționară ortodoxă a Big Bangului vine din faptul că, așa cum cea mai mare parte a literaturii despre religie este scrisă de cei care cred în anumite doctrine religioase, și cea mai mare parte a literaturii cu privire la speculațiile cosmologice este scrisă de cei care cred în anumite speculații. La fel ca omologii lor religioși, și ei sunt adesea lipsiți de obiectivitate atunci când își prezintă ipotezele, selectând și interpretând dovezile care le sunt de folos.

Am ales ideile care mi se par cele mai importante.

UNIVERSUL FĂRĂ HOTARE DIN TEORIA HARTLE-HAWKING

Pentru a încerca să răspundă la prima întrebare pe care am pus-o în capitolul anterior – dacă este adevărat sau nu că universul, care include spațiul și timpul, a început ca o singularitate în care legile cunoscute ale fizicii nu mai funcționează –, Stephen Hawking a analizat modurile în care teoria cuantică poate fi aplicată stării fundamentale a universului. Cum în ecuațiile sale nu a făcut distincție între cele trei dimensiuni spațiale și unica dimensiune temporală, Hawking a putut introduce timpul imaginar. Acesta a fost echivalentul noțiunii de număr imaginar, acceptată de multă vreme în matematică. Dacă luăm un număr real, de exemplu 2, și îl multiplicăm cu el însuși obținem un număr pozitiv, 4, care este tot un număr real. Același lucru este adevărat și dacă multiplicăm un număr negativ cu el însuși: –2 înmulțit cu –2 dă 4.

Un număr imaginar este unul care, atunci când este multiplicat cu el însuși, dă un produs negativ. De exemplu, *i* multiplicat cu el însuși dă –1, în vreme ce 2*i* multiplicat cu el însuși dă –4.

Rezultatul acestei cercetări pe care a desfășurat-o împreună cu Jim Hartle în 1983 a fost ipoteza unui univers în care spațiul și timpul sunt finite, dar fără hotare.[1] Un model analog simplificat la două dimensiuni al modelului cvadridimensional Hartle-Hawking este suprafața Pământului, care este finită, dar nu are hotare, după cum se vede în figura 5.1.

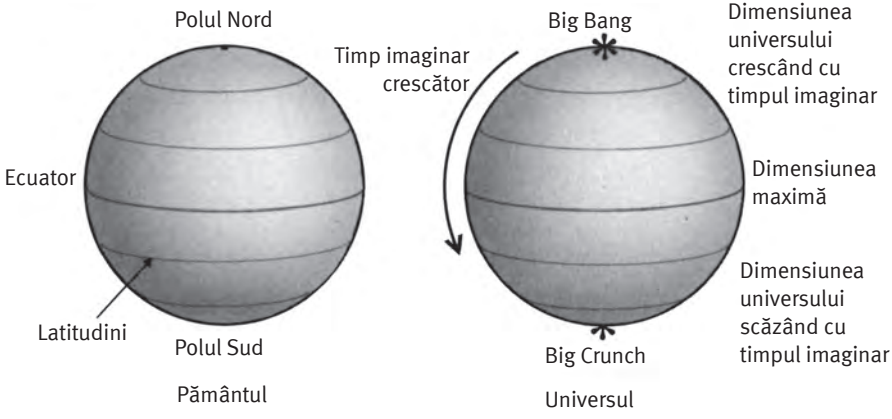


Figura 5.1 O reprezentare simplificată, bidimensională, a suprafeței universului fără hotare din teoria Hartle-Hawking comparată cu suprafața Pământului

Universul începe aici la Big Bang cu o dimensiune zero la echivalentul Polului Nord, se extinde în timpul imaginar și atinge o dimensiune maximă la echivalentul Ecuatorului, apoi se contractă în timpul imaginar și sfârșește printr-o implozie, ajungând din nou la dimensiunea zero la echivalentul Polului Sud. La fel cum legile fizicii rămân valabile la Polul Nord real de pe suprafața Pământului, ele rămân valabile și în timpul imaginar la momentul zero.

Această soluție descrie un univers în care, conform lui Hawking, „nu ar exista singularități în care legile fizicii să fie anulate și nici margini ale spațiului-timp. Condiția-limită a universului este aceea că nu are limite. Universul [...] n-ar fi nici creat, nici distrus. Pur și simplu ar FI."

Hawking admite că, atunci când ne întoarcem în timpul real în care trăim, tot va părea că există singularități, dar sugerează că ceea ce numim timp imaginar ar putea fi chiar timpul real, iar ceea ce numim timp real e doar o plăsmuire a imaginației noastre.

Această propunere ingenioasă rezolvă multe dintre problemele modelului cosmologic ortodox, printre care se numără creația din nimic. Totuși,

Roger Penrose, care a construit laolaltă cu Hawking demonstrația matematică a faptului că trebuie să fi existat o singularitate la Big Bang, cu condiția ca teoria relativității generale să fie corectă[i], descrie modelul drept „un truc isteț" pentru a produce teorii cuantice de câmp coerente, dar consideră că pune „probleme serioase" dacă e folosit laolaltă cu aproximările necesare pentru a rezolva ecuațiile.[2]

Ca să vedem dacă descrie lumea pe care o cunoaștem, modelul trebuie testat. Hawking susține că acesta face două predicții care se potrivesc cu observațiile: amplitudinea și spectrul de fluctuații al radiației cosmice de fond. Totuși, ca și în cazul inflației, „predicțiile" derivă mai degrabă dintr-o alegere arbitrară a unor câmpuri scalare decât din predicțiile efective ale modelului universului fără hotare.

Totuși, oricât de atrăgător ar fi acest model din punct de vedere conceptual, după mai bine de treizeci de ani Hawking nu a reușit să convingă prea mulți cosmologi teoreticieni că armătura sa matematică este viabilă și că timpul său imaginar este de fapt timp real. În plus, modelul nu a făcut predicții unice care să fi fost susținute de observație.

INFLAȚIA HAOTICĂ ETERNĂ

Dacă Big Bangul a urmat după o perioadă de inflație, ipoteză favorizată astăzi de cei mai mulți cosmologi, trebuie să aflăm ce a fost înainte. Încercând să răspundă, Linde a dezvoltat în 1986 ceea ce el a numit modelul „universului care există etern și se autoreproduce printr-o inflație haotică"[3].

Deși cosmologii educați în cultura de după 1965, conform căreia cosmogonia Big Bangului este singura valabilă, recunosc extrem de rar, sau nu recunosc niciodată, că acest model are multe în comun cu versiunea actualizată a stării staționare, cunoscută drept cosmologia stării cvasistaționare.[ii] Linde propune ipoteza că inflația haotică continuă la nesfârșit, sub forma unui proces etern, prin care se creează noi regiuni ale spațiului cu diferite proprietăți. Unele dintre aceste regiuni ar putea fi la fel de mari ca întregul univers observabil. „Cu o inflație eternă, ar fi cu adevărat același univers, dar părțile sale ar fi atât de îndepărtate unele de altele, încât, din rațiuni practice, putem spune că sunt universuri diferite."[4]

Modelul sugerează că, odată ce aceste regiuni vor crește prin inflație, ele vor conține mici părți care la rândul lor vor crește prin inflație și, odată ce au crescut, vor conține alte părți care vor crește prin inflație ș.a.m.d. Astfel, procesul inflaționar se autoreproduce.

---

[i]) Vezi pagina 65.

[ii]) Vezi pagina 85.

Guth susține cu entuziasm această ipoteză, deoarece „inflația eternă elimină întrebarea dificilă cu privire la cât de plauzibil este ca procesul inflaționar să fi început". Mai mult,

> dacă modelul inflației eterne este corect, atunci Big Bangul nu a fost un act unic de creație, ci a fost mai degrabă un proces asemănător diviziunii celulare. [...] Dată fiind plauzibilitatea inflației eterne, cred că în curând orice teorie cosmologică ce nu va duce la concluzia eternei reproduceri a universurilor va fi considerată la fel de inimaginabilă în perspectivă ca o specie de bacterii care nu se pot reproduce."[5]

Guth are dreptate să considere această declarație drept o declarație de credință mai degrabă decât o concluzie științifică.

În principiu, conjectura răspunde la întrebarea despre originea regiunii, sau bulei, noastre de univers: a avut un început și ar putea să aibă sau să nu aibă un sfârșit, dar întregul proces nu se va sfârși niciodată. În privința modului în care a început întregul proces, Linde e mai puțin sigur. În 2001, a scris: „Există o șansă ca toate părțile universului să fi fost create simultan într-o singularitate inițială de tip Big Bang. Necesitatea acestei supoziții nu mai este totuși evidentă."[6]

Cu șapte ani înainte, cosmologii Arvind Borde și Alexander Vilenkin ajunseseră la o concluzie mai clară. Ei afirmau că, dacă admitem anumite supoziții tehnice, un spațiu-timp rezonabil din punct de vedere fizic care se află în eternă inflație în viitor trebuie să fi apărut dintr-o singularitate.[7]

Greutatea argumentului sprijină cu siguranță concluzia că ipoteza inflației haotice „eterne" nu este ea însăși eternă: în vreme ce inflația haotică poate continua indefinit în viitor, ea a avut un început. Prin urmare, nu răspunde la întrebarea fundamentală de unde a apărut totul, nici nu elimină întrebarea dificilă cu privire la cât de plauzibil este ca inflația să fi început. În plus, are aceleași probleme legate de caracterul netestabil al principalei sale afirmații care au făcut și alte versiuni ale inflației să se îndepărteze de domeniul științei și să se încadreze mai degrabă în domeniul conjecturii filozofice.

VITEZA VARIABILĂ A LUMINII

Un cosmolog tânăr, pe nume João Magueijo, pe vremea aceea deținătorul unei prestigioase burse de cercetare oferite de Societatea Regală, a propus o alternativă la conjectura inflației care, spune el, a devenit sacrosanctă în cadrul comunității cosmologice americane. Ideea lui centrală este că, în universul foarte timpuriu, viteza luminii era mult mai mare decât este acum. Această

conjectură rezolvă toate problemele pe care le rezolvă și conjectura inflației, plus că, deși nu s-a găsit nici o dovadă că ar exista o particulă precum inflatonul sau un câmp de inflație corespunzător, Magueijo susține că unele dovezi provenind din observarea stelelor foarte tinere susțin ipoteza vitezei variabile a luminii, dezvoltată de el împreună cu Andreas Albrecht (care dezvoltase anterior, în colaborare, una dintre primele versiuni modificate ale conjecturii inflației – vezi p. 82). Această idee respinge, în mod evident, una dintre afirmațiile teoriei relativității generale a lui Einstein, anume că nimic nu se poate deplasa cu o viteză mai mare decât viteza luminii, iar Magueijo încearcă să rescrie corespunzător ecuațiile lui Einstein.

A specula că, într-o foarte scurtă perioadă după Big Bang (în care teoria relativității a lui Einstein nu mai este valabilă), viteza luminii era de mii ori mai mare decât este acum nu pare mai puțin rezonabil decât să speculezi că masa-energie a unui vid s-a mărit prin inflație cu o viteză de mii de ori mai mare decât viteza luminii. Cu toate acestea, Magueijo și Albrecht au reușit foarte greu să-și publice lucrarea, la fel cum s-a întâmplat cu Hoyle și cu alții care s-au îndepărtat de cosmologia ortodoxă.

Relatarea acestor încercări de a publica pe care a făcut-o Magueijo și răspunsurile recenzenților îți dau impresia că lucrarea celor doi cercetători a trecut prin mâinile unor episcopi ai ortodoxiei, înclinați să respingă automat viziunile eretice ce pun în discuție ipotezele pe care s-a clădit reputația lor. Pentru a putea citi versiunea integrală a trebuit să cumpăr ediția americană a cărții lui Magueijo, iar asta aruncă o lumină tristă asupra revistei *Nature*. *Nature* l-a amenințat pe editorul britanic că-l dă în judecată dacă nu retrage anumite pasaje din prima ediție, pentru a publica varianta epurată. Printre altele, Magueijo a susținut că majoritatea cercetătorilor din domeniul său consideră că editorul secțiunii de cosmologie a revistei *Nature* nu este de fapt potrivit pentru această slujbă, dar nici unul dintre colegii săi nu îndrăznește să spună asta, de teamă să nu-și riște cariera. Mai mult, fizicianul folosește un limbaj lipsit de reverență numindu-l „un imbecil de primă mână“ și un „om de știință ratat“, care suferă de complexul castrării. Un asemenea limbaj distrage atenția de la demonstrația sa. Desigur, *Nature* ar fi servit mai bine idealurile științei dacă ar fi încetat să se poarte precum Sfântul Oficiu și i-ar fi lăsat pe cititori să decidă în ce măsură ideile lui Magueijo sunt ale unui egocentric imatur sau ale unui om rezonabil, dar frustrat.[8]

Lucrarea lui Magueijo și Albrecht a fost publicată în cele din urmă în 1999, în *Physical Review*. Conjectura lor ar putea duce la o teorie mai solidă dacă va reuși să facă predicții care să poată fi testate empiric, dar nu vom putea decide asupra ei până când nu vor apărea și alte lucrări teoretice și dovezi obținute prin observație.

UNIVERSUL OSCILANT

Ipoteza că Big Bangul ar fi apărut din colapsul unui univers anterior a fost propusă de Richard Toman, de la Caltech, încă din 1934. Aceasta se baza pe o altă soluție a ecuațiilor relativității generale ale lui Einstein, în care universul era presupus tot izotrop și omnicentric, dar avea mai degrabă o geometrie închisă decât una plată. Soluția particulară arată un univers oscilant, care se extinde și se contractă până la un Big Crunch, după care se extinde din nou, repetând procesul la infinit. Când Tolman a aplicat cel de-al doilea principiu al termodinamicii la acest model, a ajuns la concluzia că fiecare ciclu al universului oscilant ar avea dimensiuni mai mari și ar dura mai mult decât precedentul.[9]

Ipoteza a căzut în dizgrație, din mai multe motive, mai ales atunci când cosmologii au conchis că dovezile observaționale sprijineau modelul universului plat. După cum am văzut însă, acesta conținea neconcordanțe majore cu dovezile observaționale, drept care a fost nevoie de introducerea conjecturii inflației și a unor vaste cantități de materie și energie întunecată.

Ipoteza lui Tolman pare să evite problema singularității. Totuși, dacă fiecare ciclu al universului oscilant capătă dimensiuni tot mai mari și durează tot mai mult, asta înseamnă că fiecare ciclu anterior a avut dimensiuni mai mici și a durat mai puțin. Dacă vom merge suficient de mult timp înapoi, vom ajunge la un ciclu care tinde să fie infinit de mic și infinit de dens la momentul zero, adică exact condițiile necesare pentru singularitatea de tip Big Bang din teoria standard. De aceea, modelul nu prezintă cu adevărat un univers etern și nu poate evita problema fundamentală a originii: cum și de ce a ajuns să existe o singularitate infinit de mică și de densă?

În plus, nimeni nu a reușit până acum să creeze mijloace pentru a observa sau pentru a testa existența fizică a unui univers anterior în acest ciclu. Până când se va întâmpla asta, această conjectură va rămâne, la rândul ei, în afara domeniului științei așa cum îl înțelegem acum.

SELECȚIA NATURALĂ A UNIVERSURILOR

Lee Smolin este un teoretician care nu numai că e pregătit să gândească în afara dogmelor ortodoxiei, dar chiar crede că fizica nu poate să progreseze altfel. Conjectura lui cu privire la evoluția universurilor prin selecție naturală a fost luată în serios în câteva cercuri ale comunității științifice, așa că merită s-o examinăm în detaliu.

În 1974, John Wheeler speculase că un colaps al universului într-un Big Crunch ar putea duce la un Big Bounce [Marele Ricoşeu], o reorganizare menită să producă un nou univers în care legile fizicii ar fi aceleași,

dar parametrii fizici, precum masa unui proton și sarcina unui electron, care nu sunt prevăzuți de legi, s-ar schimba.

După cum am văzut în capitolul precedent, când am vorbit despre reglajul fin al parametrilor cosmologici, schimbări foarte mici pot produce universuri foarte diferite. De exemplu, dacă singura schimbare ar fi aceea că protonii ar deveni cu 0,2% mai grei, atunci nu s-ar forma deloc atomi stabili, iar universul ar rămâne o plasmă, din care n-ar putea niciodată să evolueze forme de materie complex organizată precum oamenii.

Preluând această noțiune și ducând-o mai departe, Smolin speculează că nu doar colapsul unui univers în Big Crunch poate produce un alt univers, cu parametri diferiți, printr-un Big Bounce, ci și colapsul unei stele într-o gaură neagră va produce un nou univers, cu parametri diferiți, de partea cealaltă a găurii negre. După generații întregi de universuri produse în acest fel dintr-un univers-părinte cu parametri arbitrari, vor rămâne, printr-un proces de selecție naturală asemănător celui biologic[i], universurile cele mai potrivite pentru a supraviețui și pentru a susține evoluția vieții inteligente.[10]

Opt supoziții stau la baza acestei ipoteze:

1. Efectele cuantice împiedică formarea unei singularități în care timpul începe sau se oprește când se produce colapsul universului într-un Big Crunch sau colapsul unei stele într-o gaură neagră și, astfel, timpul continuă să curgă într-o nouă regiune de spațiu-timp, conectată cu universul-părinte numai în momentul inițial.
2. O astfel de nouă regiune a spațiului-timp în care timpul continuă după colapsul unei stele într-o gaură neagră rămâne, inevitabil, inaccesibilă pentru noi, dar „ar putea fi la fel de întinsă și de variată ca universul pe care-l putem vedea".
3. Deoarece universul pe care-l vedem conține un număr uriaș de găuri negre, „trebuie că există un număr uriaș de astfel de universuri [...], cel puțin la fel de multe ca numărul de găuri negre din universul nostru [...], probabil și mai multe, pentru că ce anume ar împiedica aceste universuri să aibă la rându-le stele care, în urma unui colaps într-o gaură neagră, să formeze noi universuri?"
4. Parametrii primului univers au valori de așa natură încât el produce cel puțin un univers descendent.
5. Fiecare univers descendent produce cel puțin un urmaș.

---

[i]) Efectul cumulativ al micilor schimbări genetice care apar în decursul mai multor generații ale unor specii și care duc la dominația acelor indivizi ale căror mutații i-au făcut să fie cel mai bine adaptați pentru competiție și supraviețuire; mutațiile produc în cele din urmă o specie nouă, ai cărei indivizi nu se înmulțesc cu indivizii speciilor inițiale.

6. Parametrii noului univers format prin colapsul unui alt univers sau al unei stele sunt ușor diferiți de cei ai universului-părinte.
7. Se aplică regulile selecției naturale: efectul cumulativ al micilor mutații arbitrare în parametrii universurilor-descendente produce în cele din urmă universuri ai căror parametri sunt cei mai potriviți pentru a produce numeroase găuri negre – și, prin urmare, multe universuri-descendente –, până când ajungem la un univers ca al nostru, care creează 10^{18} găuri negre.
8. Parametrii universurilor de tipul universului nostru, care produc un număr atât de mare de găuri negre, sunt reglați fin pentru evoluția vieții inteligente.

Toate aceste supoziții nu sunt în nici un caz evidente de la sine.

Smolin împărtășește supoziția (1) cu mulți alți teoreticieni, dar recunoaște că gradul în care această teorie corespunde realității depinde de detaliile teoriei cuantice a gravitației, care nu este completă.

Supoziția (2) nu pare rezonabilă. Dacă actuala teorie a găurilor negre este corectă, atunci, chiar dacă ele pot avea o densitate uriașă, dacă nu chiar infinită, au o masă limitată. De exemplu, o gaură neagră ar trebui să se formeze prin colapsul gravitațional al unei stele cu o masă de trei ori mai mare decât cea a Soarelui nostru. Masa materiei luminoase cunoscute și a presupusei materii întunecate din univers este estimată egală cu aceea a zece mii de miliarde de miliarde de sori. Chiar fără a lua în considerare energia necesară pentru expansiunea noului univers, pare ilogic să presupui că o masă egală, să spunem, cu masa a cinci sori intră în colaps într-o gaură neagră și explodează de partea cealaltă ca o masă egală cu cea a zece mii de miliarde de miliarde de sori. Probabil că Smolin, la fel ca Guth sau alți teoreticieni[i], îl urmează pe Tolman, dar e mai puțin ambițios, considerând că un univers poate să apară din masa a cinci sori mai degrabă decât din nimic.

În privința supoziției (4), Smolin admite că dacă parametrii primului univers sunt arbitrari atunci „este cel mai probabil" (probabil într-o măsură covârșitoare ar fi, cred, o formulare mai potrivită) ca în câteva microsecunde primul univers fie să se extindă până la vid, fie să intre în colaps. Asta înseamnă că procesul evolutiv nu va începe practic niciodată. Pentru a evita această concluzie, Smolin presupune că parametrii universului-părinte și ai universurilor descendente sunt fin reglați pentru a le permite măcar o oscilație. Totuși, el nu prezintă nici o justificare pentru această supoziție în afară de faptul că e necesară pentru ca speculația lui să funcționeze. În plus,

[i]) Vezi pagina 73 pentru demonstrația lui Guth privind energia netă zero a universului.

speculația nu explică în nici un fel cum a ajuns să existe la început un astfel de univers-părinte. De aceea, nu poate pretinde că are o putere explicativă mai mare decât modelul inflaționar ortodox al Big Bangului.

Supoziția (8) implică faptul că fizica ce maximizează producția de găuri negre este fizica ce permite condițiile pentru evoluția vieții, dar Smolin nu oferă o bază solidă pentru o astfel de supoziție.

Cât despre baza empirică a teoriei, vom spune că aceasta postulează existența unui număr enorm de universuri care fie au dispărut, fie, dacă încă există, sunt dincolo de capacitatea noastră de comunicare. Smolin susține totuși că ipoteza lui este testabilă, fiindcă prezice că parametrii din legile fizicii elementare a particulelor sunt apropiați de o valoare care maximizează numărul de găuri negre din univers. Acest argument este circular. Iar speculația nu este, de fapt, testabilă prin vreun mijloc cunoscut și, astfel, trebuie considerată mai degrabă o conjectură filozofică decât una științifică.

GRAVITAȚIA CUANTICĂ CU BUCLE

Asemeni conjecturii lui Smolin, cele mai multe dintre ipotezele alternative privind originea universului rezolvă problema singularității speculând că, dacă privim expansiunea universului în sens invers, efectele cuantice împiedică formarea unei singularități în care timpul să pornească sau să se oprească. Toate aceste ipoteze încearcă să unifice teoria cuantică cu teoria relativității, propunând un univers în colaps de cealaltă parte a Big Bangului, univers de care universul nostru este legat printr-un tunel cuantic. Dacă ar fi așa, atunci s-ar nărui afirmația fundamentală din modelul Big Bangului, anume că spațiul și timpul au apărut printr-o explozie din nimic la Big Bang.

O problemă majoră, după cum recunosc Smolin și alți cosmologi, este că încă nu avem o teorie a gravitației cuantice corespunzătoare.

gravitația cuantică Mult-așteptata teorie cuantică a gravitației, care ar unifica energia gravitațională și alte forme de energie într-un singur cadru teoretic cuantic.

teoria cuantică Teoria conform căreia energia este emisă și absorbită de materie în cantități mici, discrete, numite cuante, fiecare dintre ele fiind legată de frecvența de radiație a energiei și posedând astfel atât proprietăți de particulă, cât și proprietăți de undă. A dus la crearea mecanicii cuantice. Termenul este folosit azi în sens larg cu referire la toate dezvoltările teoretice ulterioare.

Abhay Ashtekar face, cu toate acestea, declarația îndrăzneață că el și colegii lui de la Penn State Institute for Gravitational Physics and Geometry sunt primii care au furnizat o descriere matematică solidă care stabilește sistematic existența unui univers anterior care a ajuns la colaps și deduce proprietățile unei geometrii a spațiului-timp în acel univers. Ashtekar și echipa sa folosesc o abordare numită gravitație cuantică cu bucle, prin care ar demonstra că, în locul clasicului Big Bang, a existat mai degrabă un ricoșeu cuantic care a produs de cealaltă parte un univers ca al nostru.

Ashtekar admite totuși o limitare, anume supozițiile că universul este omogen și izotrop. „Este o aproximație făcută în cosmologie, deși știm că universul nu e exact așa. Deci problema e cum să facem acest model din ce în ce mai realist. La asta se lucrează în permanență."[11]

Încă nu s-a luat o decizie asupra validității modelului matematic, dar, chiar dacă ar fi „dovedit", exigențele științei reale cer dovezi empirice pentru a susține orice demonstrație matematică, și nimeni n-a arătat până azi cum s-ar putea obține astfel de dovezi.

COSMOLOGIA STĂRII CVASISTAȚIONARE

În 1993, Fred Hoyle, Geoffrey Burbidge și Jayant Narlikar au modificat teoria stării staționare în lumina noilor observații pentru a obține ceea ce au numit cosmologia stării cvasistaționare (CSCS). Aceasta susține că, într-o perioadă generoasă de 1000 de miliarde de ani, universul se extinde într-o stare staționară, dar face acest lucru urmând o succesiune de cicluri de expansiune și contracție de aproximativ 50 de miliarde de ani, în care contracția nu ajunge niciodată la punctul zero, adică la singularitate.

Această echipă de astronomi și astrofizicieni postulează că există un câmp universal de creație (câmpul C) care este responsabil pentru crearea continuă de materie și pentru expansiunea universului. Câmpul C are energie negativă și creează materie sub formă de particule Planck, cea mai masivă particulă elementară posibilă: orice particulă elementară cu o masă mai mare decât atât ar fi anihilată de propria forță gravitațională și ar forma o gaură neagră.[i]

Câmpul C este suficient de puternic pentru a produce particule Planck în apropierea unor obiecte foarte masive, dense și compacte numite cvasigăuri negre (CGN) care există în centrul galaxiilor. Acestea se formează atunci când forța în creștere a câmpului C împiedică obiectele cerești în contracție să ajungă la o rază de $2GM/c^2$, limită dincolo de care ar deveni găuri negre. În

[i]) Vezi *masa Planck* în glosar pentru o explicație mai cuprinzătoare.

loc să se întâmple asta, obiectul care se contractă ajunge la o limită, după care își reîncepe expansiunea spre raza de CGN. Aici, câmpul C devine suficient de puternic pentru a crea particule Planck, care cântăresc aproximativ a suta mia parte dintr-un gram, în cadrul unui mini Big Bang non-singular, sau eveniment de creare de materie (ECM). Aceste particule Planck se descompun apoi într-o multitudine de particule mai mici, inclusiv barioni (precum protonii și neutronii) și leptoni (precum electronii și neutrinii), cu eliberare de radiație, pentru a forma materia din care evoluează galaxiile.

Câmpul C devine tot mai puternic pe măsură ce creează materie, producând astfel tot mai multă materie și radiație. Cu toate acestea, energia negativă a câmpului C acționează ca o forță repulsivă care expulzează materia și radiația create din CGN, care poate fi privită ca o „gaură albă".

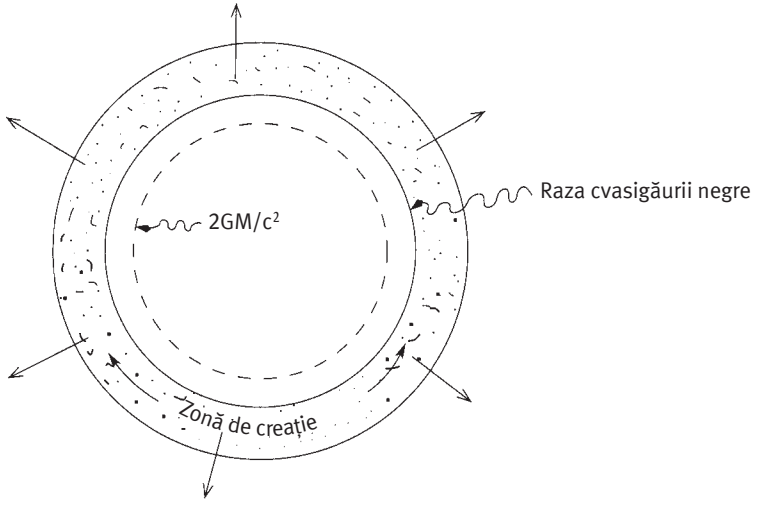


Figura 5.2 Crearea de materie într-o cvasigaură neagră (CGN) unde creșterea forței câmpului C împiedică un obiect ceresc în contracție să atingă o rază de $2GM/c^2$, limită dincolo de care ar deveni o gaură neagră.

În acest model al cosmologiei stării cvasistaționare, constanta cosmologică este negativă, pe când în modelul ortodox ea are o valoare pozitivă. Astfel, materia și radiația nou create se supun unor forțe opuse, atracția gravitațională și constanta cosmologică, precum și forței repulsive exercitate de câmpul C. Inițial, ultimul domină, iar materia și radiația sunt expulzate cu viteză foarte mare din CGN, provocând expansiunea universului.

Pe măsură ce materia se extinde, densitatea scade, și, odată cu ea, scade și forța câmpului C, până în punctul în care nu mai poate crea particule Planck. Atracția gravitațională și constanta cosmologică ajung să domine,

făcând universul să se contracte. Odată ce se contractă până la o densitate suficient de mare, câmpul C devine suficient de puternic pentru a crea din nou materie și începe un nou ciclu.[12]

Atunci când baza teoretică a acestui model a fost contestată, Hoyle a amintit cu abilitate la o întâlnire a Societății Astronomice Regale de la Londra, din decembrie 1994, că ecuațiile relevante ale cosmologiei stării cvasistaționare sunt aceleași cu ecuațiile corespunzătoare ale teoriei inflației, dacă se înlocuiește litera grecească Φ cu litera C.

Susținătorii acestui model sugerează că cere o singură supoziție, și anume existența câmpului C; restul este derivat din observație și explicat prin intermediul fizicii obișnuite, pe când modelul ortodox trebuie să invoce idei precum existența unei etape a gravitației cuantice, un câmp de inflație, marile teorii unificate, materia întunecată, energie întunecată (ambele necunoscute) ș.a.m.d. pentru a păstra ideea Big Bangului și a rămâne în concordanță cu observațiile.

Mai mult, în vreme ce Big Bangul se întâmplă o singură dată și nu poate fi observat, ECM-urile au loc constant și pot fi observate în jeturile de plasmă din surse radio, precum și în exploziile de energie sub forma undelor radio, infraroșii, vizibile, ultraviolete și gama emise din apropiere de centrul galaxiilor. (Cosmologia ortodoxă interpretează aceste observații ca fiind emisii ale cuasarilor pe măsură ce materia este absorbită într-o gaură neagră în centrul unor galaxii foarte îndepărtate și, în consecință, foarte tinere – vezi p. 110).

Mai departe, susținătorii acestui model spun că el oferă o explicație mai convingătoare pentru alte observații decât modelul ortodox. De exemplu, cosmologii ortodocși acceptă teoria nucleosintezei stelare avansată de Hoyle și colegii lui pentru a explica că toate elementele, în afară de litiu, sunt create de stele, dar consideră că numai modelul ortodox arată cum cantitatea de heliu produsă în mingea de foc a Big Bangului corespunde cantității pe care o observăm azi. Burbidge și Hoyle au susținut la rândul lor că este ilogic să crezi că heliul a fost produs într-un alt mod: *toate* elementele sunt create înăuntrul unor stele, iar cantitatea de heliu observată astăzi include heliul produs în intervalul de timp stipulat de modelul cosmologiei stării cvasistaționare, mult mai mare decât cei 13,7 miliarde de ani ai universului stipulați (atunci) de cosmologia ortodoxă.

În plus, calculele arată că termalizarea energiei radiate prin producția stelară de heliu produce aproape cu exactitate temperatura de corp negru a radiației cosmice de fond, 2,73 K, pe care o observăm astăzi.[i] Termalizarea se obține prin absorbția acestei energii radiate și prin emisii la lungimi de

[i]) Vezi pagina 58.

undă milimetrice ale particulelor de fier existente în mediul intergalactic. Aceste particule de fier sunt produse de exploziile supernovelor care împrăștie atomi de fier sub formă de vapori răciți apoi și condensați sub formă de ace (mai degrabă decât mingi) minuscule, după cum s-a demonstrat experimental. Aceste particule de fier devin un mediu efectiv de absorbție și emisie de radiație la lungimi de undă milimetrice.

Existența particulelor de fier este dovedită de radiația emisă de pulsarul Crabului, care prezintă o spărtură în spectrul său la lungimi de undă milimetrice; cosmologia stării cvasistaționare pune acest lucru pe seama absorbirii radiației de către particulele de fier produse de Supernova Crabului în urma căreia s-a format pulsarul Crabului. O spărtură asemănătoare apare în spectrul de radiații emise din centrul galaxiei noastre, unde, se presupune, activitatea supernovelor este intensă.

Acest model explică felul în care neomogenitățile la scară mică din radiația cosmică de fond reflectă neomogenitățile din distribuția roiurilor galactice în faza de contracție minimă din ciclul precedent.

În vreme ce cosmologia ortodoxă trebuie să invoce o schimbare arbitrară în valoarea pozitivă a constantei sale cosmologice pentru a explica supernovele de tip 1a cu deplasare spre roșu, în modelul CSCS valoarea negativă a constantei cosmologice rămâne aceeași; aceste supernove apar mai palide decât ne-am aștepta pentru că lumina lor este absorbită parțial de particulele de fier.

Narlikar și Burbidge au susținut că observațiile astronomice vor putea să arate care model cosmologic reflectă realitatea. CSCS prezice existența unor obiecte palide cu reflexe albăstrii, care sunt surse de lumină din ciclul anterior, când universul era mai mare decât este acum; modelul ortodox nu prezice existența unor astfel de obiecte.

CSCS prezice de asemenea existența unor galaxii foarte tinere formate din materia expulzată de câmpul C în cadrul evenimentelor de creare de materie care au loc relativ aproape de noi, în vreme ce modelul Big Bang susține că galaxiile foarte tinere sunt în mod obligatoriu foarte îndepărtate, pentru că s-au format la începuturile universului. Narlikar și Burbidge au susținut că observațiile astronomice sprijină predicțiile CSCS. Totuși, asta depinde de felul în care este interpretată deplasarea spre roșu.[i]

CSCS prezice, de asemenea, existența unor stele foarte bătrâne care s-au format în ciclurile anterioare. De exemplu, o stea cu o jumătate din masa solară, care s-a format acum 40–50 de miliarde de ani, ar trebui să fie astăzi o gigantă roșie. Astfel, dacă vor fi detectate gigante roșii de masă mică, va fi o confirmare pentru CSCS. În schimb, modelul ortodox susține că nu se

[i]) Vezi pagina 109.

poate să fi existat vreun tip de materie înainte de Big Bang, care a avut loc acum 13,7 miliarde de ani.

Narkilar și Burbidge s-au plâns că susținătorilor CSCS li se refuză accesul la telescoape, de pildă la telescopul Hubble, pentru a-și testa conjecturile; astronomii care susțin modelul ortodox monopolizează aceste instrumente, ceea ce contravine cercetării științifice libere.

Cei care susțin modelul cosmologic ortodox resping MSCS. Ned Wright, profesorul de astronomie la UCLA și cercetător în cadrul proiectelor COBE și WMAP, afirmă că modelul MSCS este incompatibil cu datele observaționale, în special cu înregistrarea unor surse radio de intensitate mare, și susține că pretențiile acestuia de a fi coerent cu datele despre radiația cosmică de fond sunt false. Mai mult, spune că lucrarea din 2002 în care se afirmă că CSCS oferă explicații mai bune pentru datele despre supernovele de tip 1a ar cere ca universul să aibă o opacitate optică ridicată, pe când o lucrare din același an care se pretinde la rându-i conformă cu anizotropia RCF ar cere, dimpotrivă, o opacitate scăzută a universului. „Aceste articole au fost trimise la reviste diferite și se citează unul pe altul prezentându-se reciproc ca mostre de succes în materie de calcul al CSCS, dar de fapt se contrazic unul pe altul. Probabil că e o încercare deliberată de a-i păcăli pe cititorii obișnuiți.“[13]

Atacul inutil care face referire la o presupusă tentativă de înșelăciune din partea lui Narlikar și Burbidge reflectă, din păcate, o atitudine mult prea des întâlnită la partizanii diferitelor modele cosmologice. Fără doar și poate, aceste acuze vor continua atât timp cât vor trăi cei implicați. Poate că nu foarte mult. Fred Hoyle a murit în 2001, iar Geoffrey Burbidge în 2010, Halton Arp s-a născut în 1927, iar Jayant Narlikar, în 1938. Tinerele generații de cosmologi au fost educate conform modelului ortodox și, pentru vasta lor majoritate, cercetarea alternativă nu este o opțiune pentru a ajunge la o carieră academică în cosmologie.

COSMOLOGIA PLASMEI

În cartea sa din 1991, *The Big Bang Never Happened*, Eric Lerner, specialist în fizica plasmei, a strâns la un loc mai multe dovezi observaționale care contrazic modelul cosmologiei ortodoxe. Acest model, susține el, nu este decât un nou ambalaj pentru vechiul mit al creației din nimic, care contrazice una dintre legile fizicii cel mai bine verificate: principiul conservării energiei. În plus, pentru ca modelul matematic să fie în concordanță cu observațiile, este nevoie de trei conjecturi majore – un câmp de inflație, materia întunecată și energia întunecată –, care nu au nici un fel de bază empirică.

Plecând de la cercetările lui Hannes Alfven, specialist în fizica plasmei și laureat al Premiului Nobel, Lerner a propus o cosmologie care, crede el, explică observațiile astronomice făcute pe baza fizicii plasmei și gravitației, ambele demonstrate empiric. El presupune, la fel ca susținătorii modelului ortodox, că universul are o geometrie euclidiană (sau plată) – de felul celei cu care suntem obișnuiți, vezi figura 3.2 –, dar nu are nici un început și nici un sfârșit și nici nu se extinde.

Conform lui Lerner, în acest univers care nu se extinde, teoria filamentării plasmei prezice apariția unor stele de masă intermediară în timpul formării galaxiilor și, de asemenea, abundența observată a elementelor ușoare. Structurile la scară mare, precum galaxiile, roiurile și superroiurile se formează pornind de la filamente vortexoide constrânse magnetic; din moment ce această conjectură nu propune un început pentru univers, nu există o limită pentru timpul în care structurile la scară mare ar putea apărea din plasma inițial dezorganizată.

Radiația emisă de generațiile timpurii de stele furnizează energia necesară pentru RCF. Această energie este termalizată și izotropizată de o aglomerare de filamente de plasmă dense, constrânse magnetic, care umplu mediul intergalactic. Această explicație se potrivește riguros cu spectrul RCF și prezice absorbția undelor radio observată. În plus, concordanța cu anizotropia radiației cosmice de fond, care contrazice modelul cosmologiei ortodoxe, se explică prin densitatea de filamente care este mai mare local de-a lungul axei superroiului local și mai mică în unghi drept față de această axă.[14]

Mulți susținători ai modelului cosmologic ortodox afirmă că Lerner nu este un om de știință serios, părere care, presupun, se bazează, în mare măsură, pe faptul că nu aparține mediului academic. Este președintele Lawrenceville Plasma Physics Inc. (care se ocupă cu cercetarea în domeniul energiei de fuziune), membru al Institute of Electrical and Electronic Engineers, al American Physical Society și al American Astronomical Society și a publicat peste 600 de articole. Dovezile pe care le citează el includ multe articole ale unor astronomi din lumea academică, iar în 2014 a scris un articol împreună cu doi astfel de astronomi în care compară mărimea și strălucirea a circa o mie de galaxii, unele aflate foarte aproape, altele foarte departe.[15] El susține că aceste date nu se potrivesc cu strălucirea de suprafață prezisă de un univers în expansiune, dar sunt în concordanță cu un univers care nu se extinde.

Ceea ce poate fi numit modelul de univers static evolutiv al cosmologiei plasmei propune ipoteza unui univers etern și, spre deosebire de CSCS, nu necesită crearea materiei din nimic. Explică evoluția observată a universului ca interacțiune a forțelor fizice cunoscute: electromagnetismul, gravitația și reacțiile nucleare din interiorul stelelor și prin intermediul razelor cosmice. Totuși, în stadiul actual de elaborare, nu explică ce anume

a cauzat existența plasmei inițial dezordonate a unui univers etern și ce anume a făcut ca aceste forțe fizice cunoscute să existe și să interacționeze în așa fel încât să ducă la apariția unor stări tot mai ordonate și mai complexe ale materiei.

CHINTESENȚA

Paul Steinhardt, profesor Albert Einstein de Științe la Universitatea Princeton, este un alt cosmolog dispus să gândească în afara granițelor ortodoxiei. În loc să folosească o constantă arbitrară, Lambda, cu o valoare diferită atât de cea de care s-a dezis Einstein, cât și de cea pe care inflaționiștii au introdus-o pentru foarte scurt timp, Steinhardt a propus ipoteza că energia întunecată invocată drept cauză pentru aparenta creștere a ratei de expansiune a universului este, de fapt, o nouă componentă a universului.

Cum cosmologii crezuseră înainte că evoluția universului a fost determinată de patru componente – barioni, leptoni, fotoni și materie întunecată[i], Steinhardt a numit această a cincea componentă chintesență, plecând de la faptul că grecii credeau într-un al cincilea element, cel mai înalt, din care era alcătuită bolta cerească și care era diferit de cele patru elemente de bază: pământul, aerul, focul și apa.

Principala diferență față de Lambda stă în faptul că, în vreme ce constanta cosmologică are aceeași valoare peste tot în spațiu și este inertă, densitatea chintesenței descrește încet în timp, iar distribuția ei în spațiu nu este uniformă.

Cosmologii ortodocși au criticat chintesența, spunând că observațiile de până acum nu arată dovezi ale variației în timp și spațiu a energiei întunecate. Asta exclude anumite modele ale chintesenței, dar, conform lui Steinhardt, permite totuși un spectru larg de posibilități.[16]

Un nou model care elimină o constantă Lambda arbitrară, mai mică cu cincizeci de ordine de mărime decât constanta Lambda din modelul inflaționar ar fi mai elegant. Cu toate acestea, la fel ca modelul ortodox, modelele chintesenței nu reușesc să explice de unde vine această energie întunecată variabilă.

Steinhardt și alții au dezvoltat ulterior un model alternativ al universului care ar trebui să furnizeze o asemenea explicație. Îl voi discuta în cele ce urmează.

---

[i]) Barioni: particule subatomice grele, precum protonii și neutronii; leptoni: particule elementare ușoare sau aproape fără masă care nu interacționează prin intermediul forței nucleare tari, precum electronii; fotoni: cuante lipsite de masă ale energiei electromagnetice; o formă de materie întunecată sau mai multe forme necunoscute de materie non-radiantă, invocate pentru a susține concordanța teoriei cu observațiile.

UNIVERSUL EKPYROTIC CICLIC[i]

Modelul cosmologic ortodox se bazează pe teoria M, cea mai recentă versiune a teoriei corzilor, care susține că tot ce există în univers se reduce la corzi infinitezimale de energie. Masele diferite și alte proprietăți atât ale particulelor fundamentale – electroni, neutrini, cuarci ș.a.m.d. –, cât și ale particulelor asociate celor patru forțe ale naturii – forța nucleară tare și slabă, elecromagnetismul și gravitația – reflectă pur și simplu diferitele moduri în care aceste corzi minuscule și unidimensionale pot vibra.

Teoria M permite corzilor să se extindă, iar o coardă extinsă poartă numele de „brană" (prescurtare de la membrană); aceste brane pot avea 0, 1, 2, 3 sau oricâte dimensiuni. Cu suficientă energie, o brană poate crește la dimensiuni uriașe, poate chiar cât întregul univers.

În 1999, Steinhardt și Neil Turok, pe atunci profesor de fizică matematică la Universitatea Cambridge, a participat la o conferință Cambridge la care Burt Ovrut, teoretician al corzilor de la Universitatea din Pennsylvania, a sugerat că universul nostru constă în trei dimensiuni spațiale mari și observabile (înălțimea, lățimea și lungimea) pe o brană, plus șase dimensiuni spațiale încolăcite, prea mici pentru a fi observate, la care se adaugă o a zecea dimensiune spațială – o linie finită – care desparte brana acestui univers de brana altui univers, care are, la rândul lui, trei dimensiuni spațiale mari și șase dimensiuni încolăcite. Pentru că celălalt univers ocupă alte dimensiuni, el este ascuns percepției noastre. S-a pus de aceea întrebarea cum pot interacționa două astfel de universuri.

Steinhardt și Turok au ajuns la concluzia că, dacă cea de-a zecea dimensiune spațială care separă două astfel de universuri s-ar contracta la zero, interacțiunea ar declanșa o energie enormă, asemănătoare cu cea declanșată la Big Bang; mai mult, scenariul a două universuri care se ciocnesc ar putea oferi răspunsuri la unele dintre problemele modelului inflaționar al Big Bangului propus de cosmologia ortodoxă. Cei trei, laolaltă cu Justin Khoury, unul dintre studenții lui Steinhardt, au dezvoltat ulterior modelul universului ekpyrotic, termen care provine din cuvântul grecesc care înseamnă „ieșit din foc" și se referă la o cosmologie stoică ce susținea că universul trece printr-un ciclu nesfârșit de nașteri incandescente, răciri și renașteri.

Modelul ekpyrotic a întâmpinat probleme, iar Steinhardt și Turok l-au ajustat pentru a produce o versiune ciclică având un scop ambițios: să explice „întreaga istorie a universului, trecut și viitor, într-o abordare eficientă și unificată"[17]. Aceasta avea la bază trei idei:

---

[i]) Steinhardt numește acest model „univers ciclic", dar eu folosesc denumirea „univers ekpyrotic ciclic", pentru a-l deosebi de alte modele ciclice, precum cel al universului oscilant propus de Tolman sau cel al ciclurilor CSCS.

a. Big Bangul nu este începutul timpului, ci trecerea de la o fază evolutivă anterioară la o nouă fază.
b. Evoluția universului este ciclică.
c. Evenimentele-cheie care au modelat structura universului au apărut în timpul unei faze de contracție lentă a celei de-a zecea dimensiuni înainte de Explozie mai degrabă decât în timpul unei perioade inflaționare de expansiune extrem de scurte după Explozie.

În construirea modelului lor matematic au făcut trei supoziții. Primele două sunt după cum urmează:

1. Teoria M este validă. În special, particulele observabile din universul nostru – fotoni, electroni etc. – sunt dispuse pe brana noastră; orice particule care sunt dispuse pe brana altui univers pot interacționa în mod gravitațional cu particule de pe brana noastră, dar nu și în mod electromagnetic sau în alte feluri.
2. Cele două brane sunt atrase una spre cealaltă de o forță de tip resort care este foarte slabă atunci când cele două brane se află la mai multe distanțe Planck depărtare (o distanță care este în continuare incredibil de mică), așa cum se întâmplă în faza actuală a evoluției universului, dar care devine tot mai puternică odată cu apropierea celor două brane.

Figura 5.3 ilustrează ciclul.

„Te afli aici" arată stadiul curent al ciclului (brana din dreapta este o reprezentare bidimensională a celor trei dimensiuni observabile ale universului nostru). Energia întunecată dinamică (chintesența) crește rata de expansiune a universului în așa fel încât, în următorii o mie de miliarde de ani, întreaga materie și întreaga radiație sunt diluate exponențial până când densitatea medie a materiei devine mai mică decât un singur electron per un milion de miliarde de ani-lumină cubici: de fapt, fiecare brană este aproape un vid perfect și este aproape perfect plată.

În acest punct, forța de atracție dintre brane preia controlul. Pe măsură ce aduce cele două brane tot mai aproape una de alta, intensitatea ei crește, reducând expansiunea accelerată a fiecărei brane. Nu există contracție a celor trei dimensiuni mari ale fiecărei brane, ci numai a celei de-a zecea dimensiuni suplimentare dintre ele (o linie). Deși fiecare brană este un vid aproape perfect, fiecare posedă o imensă energie de vid. Pe măsură ce se apropie una de alta, efectele cuantice fac ca branele, care sunt plate, să se onduleze înainte să intre în contact și să explodeze cu o eliberare uriașă de energie care este, practic, Big Bangul; cele două brane vor ricoșa cu putere una din alta, ajungând aproape instantaneu la separația maximă posibilă. Din moment ce contactul se petrece mai întâi între vârfurile ondulate, explozia de

energie nu este perfect omogenă: punctele fierbinți vor corespunde vârfurilor ondulate, iar punctele reci, depresiunilor. Pe măsură ce mingea fierbinte de energie eliberată din fiecare brană se extinde și se răcește, materia se condensează în afara punctelor fierbinți și evoluează în roiuri galactice, în vreme ce punctele reci formează spațiile vide intermediare.

Fiecare brană se extinde într-un ritm descrescător, ca în modelul Big Bangului, până când densitatea sa de energie scade suficient pentru ca densitatea de energie potențială pozitivă dintre brane să domine. Această densitate acționează ca o sursă de energie întunecată care accelerează expansiunea branelor – ajungem de unde am plecat – și, astfel, ciclul continuă.

Spre deosebire de ciclurile lui Tolman, aici nu există materie reciclată, iar entropia nu crește de fiecare dată; ciclurile ekpyrotice care durează mii de miliarde de ani se repetă la nesfârșit.

Este necesară și o a treia supoziție pentru ca acest model să funcționeze:

3. Branele supraviețuiesc ciocnirii. Această ciocnire este o singularitate, în sensul că o dimensiune dispare pentru un moment, dar celelalte dimensiuni există mai departe, în timpul ciocnirii și după ea.

Steinhardt și Turok pretind că modelul lor matematic are toate avantajele modelului inflaționar ortodox al Big Bangului, prin aceea că prezice producerea elementelor în proporția cunoscută astăzi, un univers observabil care este aproape omogen, dar cu suficiente neomogenități cât să se formeze roiuri galactice prin atracția gravitațională a materiei și fluctuațiile observate în radiația cosmică de fond, altminteri izotropă.

Se adaugă, spun ei, și avantajul parcimoniei: acest model necesită cele mai puține modificări față de modelul standard al Big Bangului pentru a se potrivi cu observațiile. Ondulațiile materiei și energia radiației nu provin din adăugarea unui fenomen de inflație, care ar cere o constantă cosmologică de valoare arbitrară, ci mai degrabă ele sunt înscrise de la bun început în eliberarea de energie care se produce odată cu ondularea branelor, pe măsură ce branele reci și vide se apropie înainte de a intra în contact. În acest model, energia întunecată nu este reapariția inexplicabilă a constantei cosmologice cu o valoare considerabil mai mică; mai degrabă, în calitate de chintesență care evoluează dinamic, ea joacă un rol fundamental pe parcursul fiecărui ciclu. Nu se pune problema singularității, pentru că temperatura și densitatea nu ajung să fie infinite în tranziția de la ciocnirea branelor la Big Bang.

În plus, modelul răspunde la întrebarea cum anume spațiul și timpul ar putea să fi început la Big Bang. Aceste dimensiuni nu au un început. Din perspectiva universului nostru cu trei dimensiuni spațiale și o dimensiune

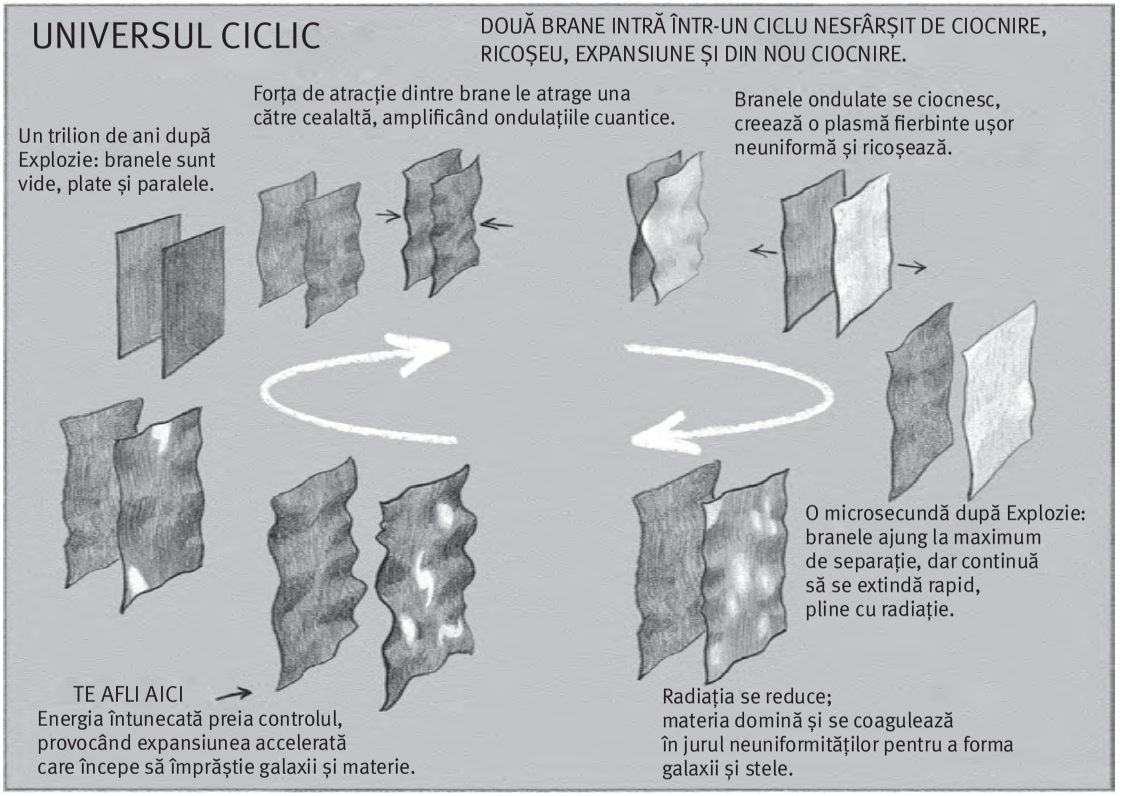

UNIVERSUL CICLIC
DOUĂ BRANE INTRĂ ÎNTR-UN CICLU NESFÂRȘIT DE CIOCNIRE, RICOȘEU, EXPANSIUNE ȘI DIN NOU CIOCNIRE.
Un trilion de ani după Explozie: branele sunt vide, plate și paralele.
Forța de atracție dintre brane le atrage una către cealaltă, amplificând ondulațiile cuantice.
Branele ondulate se ciocnesc, creează o plasmă fierbinte ușor neuniformă și ricoșează.
O microsecundă după Explozie: branele ajung la maximum de separație, dar continuă să se extindă rapid, pline cu radiație.
TE AFLI AICI
Energia întunecată preia controlul, provocând expansiunea accelerată care începe să împrăștie galaxii și materie.
Radiația se reduce; materia domină și se coagulează în jurul neuniformităților pentru a forma galaxii și stele.

Figura 5.3 Universul ekpyrotic ciclic.

temporală, ele *par* să înceapă, dar, în megaversul alcătuit din zece dimensiuni spațiale în care este plasată brana universului nostru observabil cu trei dimensiuni, spațiul este infinit, iar timpul este continuu: ciclurile se desfășoară la infinit.

Reacția la această ipoteză care aparent rezolvă atâtea probleme este revelatoare, mai ales ținând cont că Steinhardt dezvoltase un model inflaționar timpuriu.[i] La o conferință, Andrei Linde, unul dintre fondatorii conjecturii inflaționare pe care modelul ekpyrotic o pune în discuție, a desenat o caricatură a unui important grafic în formă de U folosit de Turok, pe care l-a barat cu o linie. În 2006, la o conferință a Academiei Naționale de Științe a SUA, Alan Guth, un alt fondator al conjecturii inflaționare, a răspuns la prezentarea lui Turok arătând o imagine cu o maimuță.[18] Cred că toate acestea nu se înscriu în limitele unei dezbateri civilizate.

Încercând să demonstreze că modelul ekpyrotic ciclic al universului este eronat, alți teoreticieni susțin că cea de-a treia supoziție nu este validă: atunci când branele se ating, dimensiunea suplimentară care separă cele două brane, oricum foarte mică, ajunge la zero, *se produce* o singularitate, iar legile fizicii nu mai funcționează, exact cum se întâmplă în modelul de bază al Big Bangului.

Steinhardt contraargumentează că nu se produce o singularitate, din pricina condițiilor speciale care apar atunci când se ating branele, în timp ce alți teoreticieni susțin că branele ricoșează înainte să se ciocnească, evitându-se astfel singularitatea.[19]

În acest moment, este imposibil de stabilit pe baze matematice sau de alt fel cine are dreptate, la fel cum este imposibil de stabilit dacă există sau nu o singularitate în modelul de bază al Big Bangului.

Modelul universului ekpyrotic ciclic trebuie să răspundă la cinci întrebări dacă vrea să-și atingă scopul ambițios de a explica întreaga istorie a universului într-o abordare eficientă și unificată.

În primul rând, energia se conservă? Materia și energia de radiație produse prin ciocnirea celor două brane – din care una formează universul pe care-l vedem acum – nu se transformă în nimic. La sfârșitul ciclului, rămân în brana lor, deși reduse în asemenea măsură încât constituenții lor sunt dincolo de orizontul de contact al fiecărei brane. În următorul ciclu, ciocnirea branelor produce din nou masă-energie, care este exponențial mai mare decât cea produsă în ciclul anterior.

În opinia lui Steinhardt și Turok, nu se încalcă astfel principiul conservării energiei. Ca și alte conjecturi concurente, în afară de cosmologia plasmei, modelul universului ekpyrotic ciclic pare să funcționeze pe baza

[i]) Vezi pagina 53.

gravitației: energia necesară pentru a produce continuu materie și energie de radiație, pe lângă energia cinetică pozitivă necesară pentru expansiunea acestei materii aproape infinit de dense în ciuda atracției gravitaționale a componentelor sale, vine din câmpul de energie gravitațională negativă care crește odată cu fiecare ciclu. Am evaluat validitatea acestei teorii atunci când am discutat despre energia netă zero a universului în capitolul 4.[i] Aceasta depinde de supoziția că universul a fost creat din nimic; presupune, de asemenea, că gravitația este o sursă infinită de energie.

În al doilea rând, modelul ekpyrotic ciclic descrie oare un univers etern? *Pare* să descrie un astfel de univers, cu condiția să facem alte două supoziții:

4. Cele trei dimensiuni spațiale observabile pot să se extindă, să stagneze și să se extindă din nou în ciclul următor, fără vreo limită de distanță.
5. Nu există o limită a numărului de cicluri.

Ecuațiile permit aceste supoziții. Totuși, asta înseamnă să extrapolezi fizica bazată pe dovezi nu doar dincolo de ceea ce este testabil, ci la infinit; de aceea, modelul nu se mai încadrează în domeniul științei, ci în domeniul conjecturii filozofice.

În plus, cea de-a patra și cea de-a cincea supoziție ridică întrebarea ce se întâmplă dacă derulăm ciclurile înapoi până la punctul de unde a început expansiunea. În 2004, Steinhardt și Turok au sugerat că „ipoteza cea mai probabilă este că ciclurile de expansiune au fost precedate de un început singular“[20], deși Steinhardt a spus mai târziu că ar retrage cuvintele „cea mai probabilă“, pentru că argumentele pe care le folosise erau eronate; dacă acest model prezintă cu adevărat un univers etern rămâne o întrebare deschisă.[21] Totuși, trebuie să admitem că universul nu poate fi etern, din moment ce își mărește dimensiunile cu fiecare ciclu. În aceste condiții, dacă dăm ceasul înapoi vom ajunge la punctul în care întinderea lui era infinit de mică, adică la o singularitate inițială.

Dacă a existat totuși un început singular, Steinhardt și Turok iau în considerare un efect de „tunelare din nimic“, o cale cuantică pentru crearea spațiului, timpului, materiei și energiei dintr-odată.[22] Acest fenomen depinde însă de existența anterioară a unui câmp cuantic, care nu poate fi numit nimic.

A treia întrebare este: ce natură are forța de tip resort care acționează între brane de-a lungul celei de-a zecea dimensiuni ipotetice și cum anume poate fi ea testată? Nu avem nici o informație în această privință.

A patra întrebare este: de ce ar trebui două brane să se afle atât de aproape una de cealaltă și să fie paralele? Aceasta este o necesitate matematică cerută de teoria M, în care cea de-a zecea dimensiune spațială este o linie ce

[i]) Vezi pagina 73.

unește două brane și a cărei existență e necesară ca să avem particule cu spin diferit. De fapt, cele două brane împărtășesc această dimensiune. De aici rezultă că universurile n-ar exista decât în perechi. Dar de ce ar sta lucrurile așa? Singura explicație ar fi că teoria M trebuie să se potrivească cu dovezile care arată că există particule cu spin diferit. În principiu, această a zecea dimensiune sub formă de linie nu are o limită de lungime; în practică însă, ea nu poate să depășească un milimetru, pentru că altfel teoria M ar produce efecte gravitaționale neconcordante cu ceea ce observăm. Witten și Horava au sugerat că, pentru a avea o teorie M concordantă cu observațiile, dimensiunea suplimentară ar trebui să fie de aproximativ 10.000 de lungimi Planck (10^{-28} cm), iar aceasta este chiar lungimea pe care Steinhardt și Turok au preluat-o ca ipoteză de lucru. Ei susțin de asemenea că cele două brane sunt paralele pentru că o contopire a lor ar cere o energie mult prea mare, iar ciclurile repetate mențin paralelismul.[23]

Așadar, răspunsurile la a patra întrebare depinde de răspunsul la o a cincea: este teoria M validă? Mă voi ocupa de această întrebare peste încă un capitol.

Steinhardt și Turok au susținut de atunci că modelul lor nu se bazează pe teoria M. Modelul funcționează dacă înlăturăm cele șase dimensiuni spațiale încolăcite, prea mici pentru a fi observate, și o înlocuim pe cea de-a zecea (distanța dintre brane în teoria M) cu un câmp scalar care joacă același rol. Așa se ajunge la un model matematic cu nimic mai puțin exotic decât modelele inflaționare.[24] Pe de altă parte, acesta nu este cu nimic mai testabil decât numeroasele modele inflaționare bazate pe un câmp scalar la fel de arbitrar.

PEISAJUL DE POSIBILITĂȚI AL TEORIEI CORZILOR

O altă conjectură a apărut pornind de la teoria corzilor. Leonard Susskind afirmă că nu există nici un motiv pentru a constrânge corzile de energie fundamentală să vibreze doar în moduri care să ducă la producerea acelor particule și forțe pe care le observăm. În multitudinea de universuri diferite, corzile vibrează în diverse moduri pentru a produce o multitudine de particule și forțe diferite și, prin urmare, o multitudine de legi fizice diferite, de constante cosmologice diferite ș.a.m.d. Susskind a numit asta „peisajul de posibilități“ al teoriei corzilor[i25].

[i]) De fapt, denumirea dată de Susskind este „megavers“, dar, fiindcă am folosit acest termen pentru a descrie universul mai larg, cu zece dimensiuni spațiale, din teoria supercorzilor, voi eticheta versiunea lui Susskind drept o speculație cu privire la cosmos, pentru că el invocă o multitudine de asemenea megaversuri.

Astfel s-ar rezolva problema reglajului fin al parametrilor cosmologici: de ce universul nostru are exact acești parametri, când ar putea fi altfel? Peisajul de posibilități al teoriei corzilor ne arată că nu există nimic special în privința universului nostru. Se întâmplă doar să ne aflăm într-un univers în care corzile vibrează în așa fel încât conduc exact la legile fizice și la particulele pe care le observăm. În multitudinea de alte universuri toate acestea sunt diferite.

PROBLEME ALE TEORIEI CORZILOR

O teorie care unifică particulele și forțele fundamentale, inclusiv gravitația, teoria cuantică și teoria relativității, este Sfântul Graal al fizicii. Teoria corzilor pretinde că face exact acest lucru înlocuind cele 61 de particule „fundamentale" din modelul standard al fizicii particulelor și încorporând gravitația. De aceea, această teorie a atras multe minți strălucite din domeniul fizicii teoretice, nu doar fiindcă e atrăgătoare din punct de vedere conceptual, ci și datorită eleganței sale matematice. De asemenea, a părut să deschidă o nouă eră în fizică – o conferință Harvard despre corzi a fost numită Seminarul de fizică postmodernă –, o eră în care susținătorii săi sunt atât de convinși că trebuie să fie adevărată, încât se dispensează de criteriul testabilității prin observație sau experiment și caută numai dovezi matematice.

Dar asta ridică o întrebare cu care ne-am mai întâlnit: putem spune că diversele modele matematice ale acestei teorii – dintre care unele pot folosi mai multe sau mai puține dimensiuni decât cele trei dimensiuni spațiale și unica dimensiune temporală pe care le percepem – constituie o teorie științifică? După părerea multor teoreticieni respectați – printre care Sheldon Glashow, laureat al Premiului Nobel pentru Fizică, Sir Roger Penrose, cosmolog matematician, și Lee Smolin, fizician teoretician, fost susținător al teoriei corzilor –, răspunsul este nu. Iată aici principalele motive pentru acest răspuns.

Inadecvarea teoriei

Versiunile inițiale ale teoriei corzilor cereau 25 de dimensiuni spațiale, o particulă care se deplasează mai repede decât lumina și particule care nu pot fi aduse în stare de repaus.[26] Aceste diferențe în raport cu lumea pe care o observăm pot constitui, pe bună dreptate, o problemă reală pentru teorie.

Confruntându-se cu scepticismul numelor importante din fizica teoretică, pionierii teoriei corzilor au dezvoltat-o între 1970 și 1984, atunci când John Schwarz și Michael Green l-au convins pe Ed Witten, un fizician matematician de elită, că o teorie a corzilor care folosește nouă dimensiuni spațiale, plus supersimetria – de aici denumirea de „supercorzi" – este un bun candidat pentru o teorie unificată a tuturor lucrurilor. Teoria supercorzilor a devenit dintr-odată cel mai atractiv joc din domeniul fizicii teoretice.

Au apărut însă cinci teorii matematice coerente ale corzilor, fiecare dintre ele susținând existența a zece dimensiuni: una temporală, cele trei dimensiuni spațiale pe care le observăm, plus alte șase dimensiuni spațiale încolăcite, prea mici pentru a fi observate. Dar anumite simetrii dădeau de înțeles că teoriile corzilor nu puteau explica existența particulelor de materie, precum electronii și neutrinii, cu proprietăți de spin de stânga sau de dreapta (cunoscute drept chiralitate), așa cum cerea teoria cuantică. În plus, existența a cinci teorii diferite însemna că ceva nu e în regulă. Treptat, teoria corzilor s-a demodat.

Witten a „rezolvat" această a doua problemă în 1995, când a afirmat că cele cinci teorii ar putea fi unificate de o teorie M mai largă dacă s-ar adăuga o a unsprezecea dimensiune. Aceasta permite corzilor să se extindă într-o brană, care poate avea oricâte dimensiuni.[i] Nu există condiții de simetrie, ceea ce permite unei brane să cuprindă un univers care conține particule cu proprietăți de spin de stânga și de dreapta. Astfel, teoria corzilor a ajuns iarăși la modă.

Totuși, nici Witten și nici alții nu au formulat încă o astfel de teorie M mai largă. După cum a spus, cu obișnuita-i franchețe, João Magueijo, pe-atunci profesor de fizică la Imperial College London, „oamenii care susțin teoria M spun [că toate aceste teorii ale corzilor și membranelor au fost unificate într-o singură construcție, teoria M] cu o asemenea fervoare religioasă, încât lumea uită adesea că o astfel de teorie nici măcar nu există. Este doar o expresie care se referă la o teorie ipotetică pe care nimeni nu știe însă cum s-o construiască."[27] Chiar și David Gross, laureat al Premiului Nobel, teoretician de frunte al corzilor și fostul mentor al lui Witten, recunoaște că „suntem încă foarte departe de a înțelege ce este teoria corzilor"[28].

Teoria s-a confruntat cu o a treia problemă semnificativă în 1998, când cei mai mulți cosmologi au interpretat lipsa de strălucire a supernovelor de tip 1a cu puternică deplasare spre roșu ca o dovadă că expansiunea universului a început să se accelereze cam după 10 miliarde de ani, iar pentru asta trebuia să fie introdusă în modelul matematic ortodox o constantă cosmologică pozitivă.[ii] Nu numai că teoriile revizuite ale supercorzilor nu preziseseră asta, dar una dintre puținele lor concluzii de la acea vreme era că o eventuală constantă cosmologică ar putea fi doar nulă sau negativă. Witten a admis în 2001: „Nu cunosc nici o metodă precisă de a obține spațiul de Sitter [un univers cu o constantă cosmologică pozitivă] dintr-o teorie a corzilor sau din teoria M."[29]

Un grup de teoreticieni de la Stanford au „rezolvat" această a treia problemă la începutul anului 2003, când au produs o altă versiune, în care, prin-

[i]) O particulă punctiformă este considerată o brană cu zero dimensiuni, o coardă este o brană cu o dimensiune, o membrană este o brană bidimensională ș.a.m.d.

[ii]) Vezi pagina 68.

tre altele, au permis teoretic înfășurarea unor antibrane în jurul celor șase dimensiuni încolăcite neobservabile și au ales anumite valori ale parametrilor pentru a produce o constantă cosmologică pozitivă.

Totuși, această abordare duce la concluzia că ar putea exista 10^{500}, dacă nu o infinitate, de teorii ale corzilor. Susskind a fost de acord că „speranța unora că la un moment dat va apărea o soluție matematică unică [din acest peisaj de teorii ale corzilor] este bazată pe credință în aceeași măsură ca ipoteza proiectului inteligent“[30]. Astfel, el plasează conjectura cu privire la teoria M în domeniul credinței, nu al științei. Cât despre teoria supercorzilor, dacă există un număr infinit de versiuni, atunci nici o versiune anume nu poate fi falsificată, nereușind astfel să treacă testul care, după Popper, desparte ceea ce este ipoteză științifică de ceea ce nu este așa.

Scriind în 2003, Dan Friedan, teoretician al corzilor începând cu 1985, a conchis: „În stadiul în care se află acum, teoria corzilor nu poate furniza explicații precise ale cunoașterii existente cu privire la lumea reală și nu poate face nici un fel de predicții precise. Credibilitatea teoriei corzilor nu poate fi evaluată, cu atât mai puțin determinată ferm. În stadiul în care se află acum, teoria corzilor nu prezintă nici un fel de credibilitate în calitate de teorie a fizicii.“[31]

Potrivit lui Smolin, faptul că teoria corzilor „a căutat o teorie unică și unificată a naturii a dus la conjectura unui număr infinit de teorii, dintre care nici una nu poate fi expusă în detaliu. Iar dacă aceste teorii sunt coerente, duc la un număr infinit de universuri posibile. Mai mult decât atât, toate versiunile pe care le putem studia în detaliu intră în contradicție cu observațiile. [...] Cei care dau crezare acestor conjecturi trăiesc într-un univers intelectual foarte diferit de al celor care insistă să creadă doar ceea ce e susținut de dovezi.“[32]

Aceste universuri nu sunt separate numai de perspectivele diferite cu privire la necesitatea dovezilor empirice. Așa cum consideră atât Smolin, cât și Peter Woit[33], dominația teoreticienilor corzilor în comitetele care hotărăsc acordarea de fonduri și de granturi în fizica teoretică în SUA a făcut ca abordările rivale să obțină cu mare dificultate fonduri. Ei vorbesc despre un fel de cult care folosește tot felul de practici dubioase pentru a bloca opiniile diferite ale altor fizicieni. Partea urâtă a polemicii dintre susținătorii teoriei corzilor și criticii lor este exemplificată de Luboš Motl, profesor asistent la Harvard, care, într-o recenzie pe Amazon.com, a denigrat cartea publicată de Smolin în 2006, *The Trouble with Physics*. Woit a răspuns cu propria lui recenzie, acuzându-l pe Motl că nu a fost onest și că plătește 20 de dolari oricui reușește să posteze o recenzie de o stea la cartea lui. După o săptămână, Amazon.com a șters ambele recenzii.

Lipsa dovezilor empirice

Ar fi de presupus că o teorie dezvoltată vreme de peste treizeci de ani de unele dintre cele mai strălucite minți ale fizicii teoretice a ajuns la dovezi empirice consistente. Totuși, fiecare coardă este de o sută de miliarde de miliarde de ori mai mică decât protonii din nucleul unui atom. Altfel spus, dacă un atom ar fi mărit la scara întregului sistem solar, o coardă ar fi de mărimea unei case. Asta înseamnă că nu se poate prevedea o modalitate prin care să putem detecta corzile.

Cu toate acestea, unii dintre susținătorii teoriei corzilor, precum Brian Greene, cred – verbul „a crede" apare în publicațiile și interviurile lor mult mai des decât ar fi de așteptat în literatura științifică – că predicțiile ei pot fi validate. O cerință a teoriei supercorzilor este supersimetria, care spune că, pentru orice particulă subatomică pe care o cunoaștem, de exemplu un electron sau un proton, ar trebui să existe o altă particulă mult mai grea, numită „sparticulă". Dar supersimetria nu depinde de teoria corzilor – alte ipoteze, precum extensia supersimetrică minimă din modelul standard sau gravitația cuantică cu bucle, au nevoie de supersimetrie sau măcar sunt compatibile cu ea[34] –, prin urmare nu este o predicție unică a cărei confirmare ar valida teoria corzilor. În plus, nimeni nu a detectat vreodată o sparticulă. Deși unii cercetători sunt încrezători, pare puțin probabil ca LHC, chiar și la energiile mai mari la care operează din 2015, să reușească să facă asta.

Predicția fundamentală a teoriei supercorzilor privind originea universului nostru este aceea că există alte dimensiuni ale universului, cu care nu putem comunica. Greene crede că această predicție poate fi demonstrată, dacă nu chiar validată, folosind o altă predicție a supercorzilor despre gravitoni, particulele fără masă despre care se presupune că ar transmite forța gravitațională. Teoreticienii supercorzilor susțin că gravitația este atât de slabă în universul nostru în comparație cu celelalte forțe ale naturii deoarece corzile din care sunt formați gravitonii sunt bucle strânse și nu sunt silite să existe doar pe brana în care există universul nostru cu trei dimensiuni spațiale vizibile: un graviton se poate muta în alte dimensiuni. De aceea, dacă un accelerator de particule ar putea detecta un graviton care să dispară brusc, aceasta ar fi o dovadă experimentală pentru existența dimensiunilor suplimentare prezisă de teoria corzilor. Totuși, nimeni nu a detectat încă un graviton, cu atât mai puțin unul care să dispară brusc.

De aceea, suntem nevoiți să conchidem că nu se poate prevedea vreo modalitate de a testa afirmațiile teoreticienilor corzilor, iar afirmația lor centrală este aproape sigur netestabilă.

Așadar, chiar dacă ideea că materia și energia sunt alcătuite de fapt din corzi de energie mi se pare mai atractivă teoretic decât ideea existenței a 61 de particule fundamentale, în momentul de față ea nu este mai mult decât o idee care a primit diverse expresii matematice. În cele ce urmează, voi folosi expresia conjectură a corzilor sau „teorie" a corzilor pentru a sublinia faptul că această idee nu îndeplinește principalul criteriu de rigoare pentru o teorie științifică așa cum este ea înțeleasă în prezent.

UNIVERSUL DEFINIT

După cum am văzut, cuvântul „univers" este folosit azi pentru a desemna tot felul de lucruri. Ca să evităm eventualele neînțelegeri, voi defini în continuare ce înțeleg eu prin acest termen, precum și prin termenii înrudiți.

univers Toată materia și toată energia care există în dimensiunea temporală și în cele trei dimensiuni spațiale percepute de simțurile noastre.

univers observabil Partea din univers care conține materie detectabilă prin observație astronomică. Conform cosmologiei ortodoxe actuale, această parte este circumscrisă de viteza luminii și de timpul scurs de când materia și radiația s-au decuplat cam la 380.000 de ani după ce universul s-a format în urma Big Bangului.

megavers Un prezumtiv univers cu mai multe dimensiuni în care există universul nostru cu trei dimensiuni spațiale. Conform unor ipoteze, cosmosul cuprinde mai multe megaversuri.

cosmos Tot ceea ce există, incluzând aici dimensiuni ipotetice diferite de cele trei dimensiuni spațiale și dimensiunea temporală pe care le percepem, plus alte universuri cu care nu avem nici un fel de contact fizic și despre care nu putem obține informații observabile sau experimentale.

multivers Un cosmos prezumtiv care conține universul nostru plus o multitudine sau chiar o infinitate de alte universuri cu care nu avem nici un contact fizic și despre care nu putem obține informații observabile sau experimentale. Au fost propuse mai multe tipuri de multivers, fiecare având proprietăți diferite.

Nici una dintre modificările aduse modelului inflaționar al Big Bangului și nici una dintre conjecturile concurente nu oferă în acest moment o explicație satisfăcătoare din punct de vedere științific, și nu doar una matematică, pentru originea materiei din care suntem formați și nici pentru faptul că universul a luat exact această formă dintre toate cele posibile, formă care a permis ulterior evoluția oamenilor.

O explicație trebuie să existe – iar una dintre aceste conjecturi s-ar putea s-o ofere în cele din urmă –, dar cosmologia nu pare să îndeplinească standardele general acceptate care diferențiază știința de speculație sau de credință. Mă voi referi la toate acestea în capitolul următor.

CAPITOLUL 6

Probleme întâmpinate de cosmologie ca mijloc explicativ

> Atunci când propun idei teoretice, oamenii de știință ar trebui să nu se teamă să fie radicali, dar atunci când se pune problema interpretării dovezilor ar trebui să fie profund conservatori.
>
> —Peter Coles, 2007

> Credința în teorie tinde să se dispenseze de dovezi.
>
> —George Ellis, 2005

Pentru ca o explicație să fie științifică, trebuie să fie testabilă. În particular, criteriile științifice general acceptate spun că validitatea unei explicații depinde de abilitatea noastră de a detecta, a colecta și, preferabil, a măsura date despre fenomenul respectiv, de a le interpreta corect și de a formula pornind de la ele o ipoteză sau o concluzie provizorie ca bază pentru predicții sau retrodicții care pot fi testate independent prin observație sau experiment și în cele din urmă confirmate sau infirmate.

Cosmologia se deosebește de alte ramuri ale științei, precum chimia sau biologia, în trei privințe: avem un singur univers, suntem parte din el, iar el este incomparabil mai mare decât noi. Nu putem experimenta, de exemplu, schimbându-i temperatura, presiunea sau condițiile inițiale, nici nu-l putem compara cu alte universuri, pentru că universul este, prin definiție, tot ceea ce putem percepe cu simțurile noastre; nu-l putem observa din exterior, iar mărimea lui creează dificultăți foarte mari. Acești factori influențează puternic patru probleme înrudite cu care se confruntă cosmologia în încercarea de a explica originea și evoluția materiei: dificultăți practice, interpretarea datelor, teorii inadecvate și limitări intrinseci.

DIFICULTĂȚI PRACTICE

Dificultățile practice pot fi grupate în două categorii: limitele detecției și problemele legate de măsurători.

Limitele detecției

Dacă teoria relativității este validă, atunci nimic nu se poate deplasa cu o viteză mai mare decât cea a luminii. Intervine, astfel, orizontul particulei.

orizontul particulei Nu putem fi influențați cauzal de, nu putem obține informații despre – și, prin urmare, nu putem detecta – nici un fel de particulă, fie cu masă pozitivă, fie cu masă zero, care se află la o distanță mai mare de noi decât cea pe care lumina a parcurs-o de când a început timpul.

Dacă actuala versiune ortodoxă a cosmologiei este validă, atunci avem de-a face cu o a doua limită legată de detecție.

orizontul vizual Conform modelului Big Bang, nu putem vedea în urmă decât până la momentul decuplării materiei de radiația electromagnetică – despre care în acest moment se estimează că a avut loc la aproximativ 380.000 de ani după Big Bang –, pentru că, înainte de acest moment, fotonii erau risipiți de continua interacțiune cu plasma originară, făcând universul opac.

Asta înseamnă că nu putem detecta radiație electromagnetică dintr-o perioadă mai timpurie.

Probleme legate de măsurători

Dezvoltarea tehnologiilor începând cu anii '60 ai secolului trecut a permis apariția unor mijloace mai performante și a unor metode de mai mare acuratețe pentru detectarea fenomenelor cosmice. Nu doar că acum putem să facem observații vizuale, dar putem să detectăm emisii de-a lungul întregului spectru electromagnetic de unde radio, microunde, radiație infraroșie, lumină vizibilă, raze ultraviolete, raze X și raze gamma. Echipamente precum dispozitivele cu cuplaj de sarcină și fibrele optice, precum și abilitatea de a plasa detectori în spațiu deasupra atmosferei terestre au făcut ca măsurătorile să fie mult mai rafinate. Toate acestea au dus la colectarea unei mari cantități de date în ultimii cincizeci de ani. Totuși, așa cum spune cosmologul George Ellis, „problema de bază a astronomiei este determinarea distanței până la obiectele observate“[1].

Mai mulți parametri cosmologici cruciali, precum vârsta obiectelor cerești, vârsta universului și rata lui de expansiune, depind de determinarea distanțelor. Dar astronomii nu pot face măsurători directe de distanță, așa cum facem noi pentru obiectele de pe pământ, și nici nu pot folosi strălucirea ca pe o măsură a distanțelor, pentru că, deși stelele și galaxiile sunt într-adevăr mai palide cu cât sunt mai îndepărtate, fiecare dintre ele are o strălucire proprie, numită tehnic luminozitate. În consecință, astronomii măsoară distanța până la stelele apropiate prin paralaxă, trigonometrie aplicată local prin care se măsoară unghiurile delimitate de o stea văzută din diverse puncte de pe Pământul care orbitează în jurul Soarelui. Obiec-

tele mai îndepărtate sunt măsurate printr-o serie de indicatori de distanță, numiți în mod obișnuit „candele standard“. Acestea sunt obiecte despre care astronomii cred că au luminozitate cunoscută. Astfel, ei compară luminozitatea observată a unei candele standard cu luminozitatea sa cunoscută pentru a calcula distanța față de noi și, pe cale de consecință, distanța față de noi a unui obiect mai mare, cum ar fi galaxia din care face parte. Cel mai des folosite candele standard sunt stelele variabile cefeide, stele galbene gigantice care strălucesc și pierd din strălucire într-un mod foarte regulat și a căror perioadă de variație depinde de strălucirea lor intrinsecă. Pentru cele mai îndepărtate obiecte, cosmologii ortodocși folosesc deplasarea spre roșu a obiectelor, adică deplasarea lungimii de undă a radiației emise către capătul roșu al spectrului.

Candelele standard ar putea fi totuși mai puțin standard decât sugerează anumite măsurători de distanță. De exemplu, astronomii au descoperit în 1956 că cefeidele sunt de două feluri și că sunt mai variabile decât se crezuse anterior. Nu ar fi deloc științific să presupunem că, pe măsură ce metodele de observație se vor îmbunătăți, iar volumul de date va crește, nu vor fi dovedite false și alte supoziții sau interpretări.

În plus, luminozitatea observată a unei candele standard aflată la distanță mare poate fi diminuată de gaz sau praf interstelar sau obturată de strălucirea stelelor și galaxiilor aflate pe aceeași linie a privirii. Ajustarea observațiilor ținând cont de acești factori nu e deloc ușoară și cere supoziții care vor fi, în cel mai bun caz, discutabile.

Astronomii au mai descoperit că nu doar Pământul orbitează în jurul Soarelui la viteza de 30 de kilometri pe secundă, în timp ce Soarele orbitează în jurul centrului galaxiei Calea Lactee la o viteză de 220 de kilometri pe secundă, ci galaxia se deplasează la rândul ei cu o viteză de 200 de kilometri pe secundă către centrul unui grup local de galaxii, despre care se crede că se deplasează cu aproximativ aceeași viteză, dar într-o altă direcție, către centrul superroiului local.[2] Fiecare dintre aceste descoperiri a necesitat ajustări ale vitezei unui corp ceresc aflat la distanță de Pământ estimate pe baza deplasării sale spre roșu. Cosmologii ortodocși folosesc deplasarea spre roșu pentru a măsura nu doar distanța până la obiectele cosmice foarte îndepărtate – și, prin urmare, foarte tinere –, ci și rata de exapansiune a universului și, în consecință, vârsta acestuia.

Estimările privind vârsta universului

Una dintre consecințele problemelor legate de măsurători a fost variația în estimările vârstei universului. Estimarea inițială a lui Hubble a fost sub 500 de milioane de ani.[3] Chiar și în anii ’50 ai secolului trecut, vârsta calculată a universului era de aproximativ două miliarde de ani, în timp ce datarea

radioactivă a rocilor arătase că Pământul avea cel puțin 3 miliarde de ani. Allan Sandage, succesorul lui Hubble la observatorul de pe muntele Wilson a estimat o vârstă de 20 de miliarde de ani, în vreme ce Gérard de Vaucouleurs, de la Universitatea din Texas, a estimat vârsta la 10 miliarde de ani.

În 1994, o echipă internațională de astronomi a folosit Telescopul Spațial Hubble pentru a face cele mai precise măsurători ale îndepărtatei galaxii M100 și a conchis că universul are între 8 și 10 miliarde de ani.[4]

În 2003, în urma observațiilor privitoare la întregul cer făcute cu ajutorul sondei WMAP, Charles L. Bennett, cercetătorul-șef, a declarat încrezător că vârsta universului este de 13,7 miliarde de ani, cu o marjă de eroare de 1%.[5] Această estimare, de o exactitate fără precedent, a fost acceptată de cei mai mulți cosmologi. Totuși, în 2013 a fost revizuită la 13,82 miliarde de ani, în urma unor noi date obținute cu ajutorul telescopului spațial Planck.[6]

Ar fi înțelept din partea oamenilor de știință să se aștepte la noi descoperiri care ar putea foarte bine să modifice estimările actuale, din moment ce detecția și măsurarea datelor pe baza cărora sunt făcute întâmpină asemenea dificultăți practice. La care se adaugă și faptul că aceste date se supun unor interpretări diferite.

INTERPRETAREA DATELOR

Înainte ca Galilei să folosească un telescop, în 1610, pentru a studia planetele, ai fi putut interpreta observațiile privind mișcarea Soarelui și planetelor fie ca rezultat al mișcării planetelor, inclusiv Pământul, în jurul Soarelui, fie ca rezultat al mișcării Soarelui și planetelor în jurul Pământului; ambele interpretări erau în concordanță cu datele. Aproape toți observatorii au adoptat cea de-a doua interpretare. Se înșelau, desigur, însă această interpretare era determinată de convingerile lor religioase.

O mare parte din literatura cosmologică este tributară interpretărilor bazate pe credință. Susținătorii diferitelor ipoteze cosmologice tind să folosească sau să interpreteze dovezile pentru a-și susține credințele. E valabil atât pentru cei care susțin interpretările ortodoxe, cât și pentru cei care le contestă.

În plus, acordăm de obicei mai multă atenție concluziilor derivate din observații decât presupunerilor – adesea neformulate – care stau la baza acelor concluzii. În cazul cosmologiei, asemenea supoziții sunt adesea discutabile.

Vârsta universului

Concluzia acceptată de Bennett și de echipa NASA în 2003 pe baza datelor WMAP, cum că vârsta universului ar fi de 13,7 miliarde de ani, ±1%, depinde de mai multe supoziții. Una dintre acestea este valoarea constantei Hubble. După Rowan-Robinson, estimările acestei constante „au fost o chestiune de

aprinsă dezbatere în ultimii treizeci de ani"[7]. La trei ani după anunțul lui Bennett, o echipă de cercetare condusă de Alceste Bonanos, de la Carnegie Institution din Washington, a folosit ceea ce echipa lui pretinde a fi o măsurătoare mai exactă a distanței până la galaxia M33 pentru a propune o reducere cu 15% a constantei Hubble, ceea ce ar face ca vârsta universului să fie de 15,8 miliarde de ani[8], confirmând concluzia lui Rowan-Robinson că încă avem nevoie de o estimare mai precisă a vârstei universului.[9]

Deși aceste estimări revizuite ale vârstei universului vin de la cosmologi ortodocși, au fost lansate periodic diferite provocări la adresa interpretării ortodoxe a datelor și a supozițiilor care stau la baza estimărilor privind vârsta universului. De exemplu, Eric Lerner, specialist în fizica plasmei, susține că structurile pe care le vedem în univers, precum superroiurile gigantice de tipul Marelui Zid, și imensele regiuni vide care le despart ar fi avut nevoie de cel puțin 100 de miliarde de ani pentru a se forma.[10] Interpretarea lui a fost contestată, la rândul ei, de Ned Wright, aprigul apărător al ortodoxiei cosmologice actuale.[11]

Supernovele de tip 1a cu deplasare spre roșu

După cum am văzut în capitolul 4, descoperirea că supernovele de tip 1a cu o puternică deplasare spre roșu – obiecte foarte strălucitoare, dar cu durată scurtă de viață, despre care se crede că ar fi pitice albe explodate – sunt mult mai palide decât se anticipase a fost interpretată de cosmologii ortodocși drept o dovadă a faptului că rata de expansiune a universului a devenit crescătoare după Big Bang, după ce înainte fusese descrescătoare. Deși alte studii par să susțină această interpretare, toate depind de interpretarea deplasării spre roșu ca o măsură a distanței (vezi mai jos). Mai mult, strălucirea supernovelor de tip 1a ar putea fi diminuată de praful interstelar, după cum susține cosmologia stării cvasistaționare[i] sau, cum se întâmplă în cazul stelelor variabile cefeide, luminozitatea lor ar putea să nu aibă o valoare standard, cum presupun astăzi astronomii.

Accelerația aparentă a ratei de expansiune a universului

În capitolul 4, am văzut și că majoritatea cosmologilor ortodocși au pus această strălucire mai slabă pe seama accelerării ratei de expansiune a universului, care ar putea fi cauzată de o misterioasă energie întunecată. Au oferit o explicație matematică reintroducând constanta cosmologică arbitrară Lambda cu o valoare foarte diferită atât de cea pe care Einstein a respins-o, cât și de cea pe care au folosit-o inflaționiștii. Au interpretat-o ca fiind punctul zero al câmpului cuantic de energie al universului, ca să nu mai vorbim

[i]) Vezi pagina 88.

de faptul că valoarea ei calculată este de 10^{120} de ori mai mare decât cea aflată în concordanță cu interpretarea pe care o dădeau ratei de expansiune a universului.

Kunz și colegii lui, Rasanen și Lieu, au dat fiecare câte o interpretare diferită a datelor lăsând la o parte energia întunecată, în vreme ce Ellis a oferit alte interpretări, adăugând că „într-adevăr, cosmologia ortodoxă actuală consideră că asemenea propuneri nu sunt deloc atrăgătoare – ceea ce nu dovedește că sunt incorecte."[12]

După cum am văzut în capitolul 5, Steinhardt și Turok afirmă că energia întunecată nu reprezintă o constantă arbitrară, ci este mai degrabă un ingredient fundamental al universului, care se modifică dinamic (chintesența)[i], în timp ce adepții cosmologiei stării cvasistaționare susțin că modelul lor explică și datele cu privire la supernove, fără a fi nevoie de o misterioasă energie întunecată.[ii]

Deplasarea spre roșu

Una dintre cele mai importante interpretări ale datelor spune că deplasarea spre roșu este în sine, *întotdeauna*, o măsură a distanței și, combinată cu constanta Hubble, a vitezei de recesiune și, prin urmare, a vârstei obiectelor cerești. În capitolul 3 am văzut că Halton Arp, Geoffrey Burbidge și alții au contestat această interpretare.[iii]

Cheia acestui conflict de interpretare este natura cuasarilor, cunoscuți și sub denumirea de obiecte cvasistelare sau OCS. Aceste surse puternice de emisii radio variabile au fost detectate în 1961 și identificate inițial cu mici obiecte vizibile despre care s-a crezut că ar fi stele în galaxia noastră. Totuși, când au fost analizate spectrele luminii pe care o emiteau, s-a descoperit că aveau o deplasare accentuată spre roșu. Apoi au fost detectate și alte asemenea obiecte mici, cu o puternică deplasare spre roșu; acestea nu emiteau unde radio, dar emiteau lumină vizibilă, în special albastră, care varia la câteva zile, în vreme ce majoritatea aveau puternice emisii de raze X care variau la câteva ore, în comparație cu perioada de variație de luni sau chiar de ani a obiectelor care emiteau unde radio.

Cosmologii ortodocși au interpretat deplasările puternice spre roșu drept o dovadă a faptului că acești cuasari se află la distanță foarte mare și că se îndepărtează de noi cu o viteză de până la 95% din viteza luminii. Din cauză că durează până când lumina lor ajunge la noi, acum vedem de fapt cuasarii așa cum erau când erau foarte tineri – la fel ca întregul univers. Problema era să explice de ce asemenea distanțe uriașe dădeau de înțeles că emisiile

---

[i]) Vezi pagina 89.
[ii]) Vezi pagina 88.
[iii]) Vezi pagina 58.

lor electromagnetice echivalau cu emisiile a o mie de galaxii combinate, dar perioadele scurte de variație în emisie dădeau de înțeles că acele surse erau foarte mici; în plus, numai una din douăzeci de surse emitea unde radio, în timp ce majoritatea emiteau lumină vizibilă și raze X, precum și raze gama.

Pe la începutul anilor '80 ai secolului trecut cosmologii ortodocși au ajuns la un consens rezonabil. Aceste uriașe emisii optice și de raze X erau cauzate de un disc de gaz și praf foarte fierbinte, care se rotea și era absorbit în gaura neagră masivă aflată în centrul fiecărei galaxii tinere, în vreme ce emisiile radio erau provocate de jeturi expulzate de-a lungul axei de rotație, așa cum se observă în procesul de formare a stelelor. De fapt, unghiul din care le-am privit a provocat această diferențiere între sursele puternice de semnale radio și sursele puternice optice și de raze X.[13]

Arp, Burbidge și alții au susținut, totuși, că analiza cuasarilor cu deplasare mare spre roșu arată foarte mulți care se găsesc aliniați de fiecare parte a galaxiilor active din apropiere, prezentând, în unele cazuri, o legătură fizică cu ele; mai mult, se observă o creștere a strălucirii și o scădere a deplasării spre roșu odată cu creșterea distanței față de galaxia-părinte.

În 2007, Michal Rowan-Robinson, președintele Societății Astronomice Regale, a respins ferm această interpretare: „Chestiunea anomaliei privind deplasarea spre roșu s-a terminat acum treizeci de ani. Unele dintre aceste asocieri au fost o simplă întâmplare, altele s-au datorat efectului de lentilă gravitațională."[14] Dar Burbidge a susținut că tocmai această acumulare de date în decursul a treizeci de ani îi sprijină interpretarea:

> Dacă nu cumva putem explica asta afirmând că materia întunecată din vecinătatea galaxiilor strălucitoare produce, prin efectul de lentilă gravitațională, creșterea strălucirii cuasarilor îndepărtați altminteri palizi – și nu s-a construit încă un astfel de model gravitațional satisfăcător –, va trebui să admitem că cei mai mulți cuasari nu se află foarte departe. Singura ieșire pentru cei care îmbrățișează explicația convențională este să conchidă că toate configurațiile sunt accidentale și/sau că statisticile sunt greșite [...]. Datele se tot acumulează. În 2005, Margaret Burbidge și colegii ei au arătat că un cuasar care emite raze X cu o deplasare spre roșu de 2,1 se află la numai 8 secunde de arc de o galaxie activă din apropiere, NGC 7619. Probabilitatea să fie doar o întâmplare este de 1 la 10.000. Și există multe, multe alte cazuri în literatura de specialitate."[15]

După părerea lui Arp însă, nu există suficiente cazuri. El spune că reușește cu greu să-și vadă articolele publicate în reviste științifice. În 1998, a făcut publice unele dintre schimburile sale de opinii cu diverși referenți anonimi, despre care spune că sunt „manipulatori, alunecoși, insolenți, aroganți și,

mai presus de orice, furioși“[16]. Această perspectivă a fost susținută de Burbidge, care a spus că în prezent cosmologia este dominată nu de cercetătorii axați pe observație, ci de matematicienii teoreticieni care acordă mai puțină atenție datelor observaționale. „Cel mai adesea, părerile noastre cu privire la cosmologie sunt ignorate, iar în ultimii douăzeci de ani au existat destule încercări reușite de a ni se bloca articolele precum și accesul la conferințele de cosmologie. Probabil pentru că atunci când ni se oferă posibilitatea de a vorbi suntem destul de convingători.“[17]

Aceștia sunt oameni de știință reputați. Arp este probabil astronomul cu cea mai mare experiență în observațiile extragalactice. Vreme de douăzeci și nouă de ani a făcut parte din echipa de la Observatorul Palomar, după care s-a alăturat prestigiosului Institut Max Planck din Germania; printre premiile pe care le-a primit se numără și Premiul Helen B. Warner al Societății Americane de Astronomie. Burbidge a fost profesor de astrofizică la Universitatea din California, San Diego, și în 2005 i s-a acordat Medalia de Aur a Societății Astronomice Regale. Plângerile lor cu privire la suprimarea alternativelor la modelul ortodox au fost susținute de Richard Lieu.[i]

Această interpretare alternativă a unora dintre deplasările spre roșu are ceva surprinzător: dacă protogalaxiile sunt expulzate cu o viteză apropiată de viteza luminii din centrul galaxiilor active existente, de ce nu sunt aruncate la întâmplare, distribuindu-se în mod uniform spre noi și departe de noi, adică manifestând deopotrivă deplasări mari spre roșu și deplasări mari spre albastru?

Arp a adus în discuție analiza pe care a făcut-o în 2008 unui roi ce conține 14 cuasari cu deplasare mare spre roșu din jurul galaxiei AM 2330-284, pentru Two-degree-Field Galaxy Redshift Survey.[18] El pretinde că deplasările lor spre roșu se află într-un spectru îngust de valori cu puțin mai mari sau cu puțin mai mici decât viteza de recesiune cosmică a galaxiei; această idee este coerentă cu aceea că au fost expulzați la întâmplare din galaxia-părinte la viteze de aproximativ 1.800 de kilometri pe secundă. Această valoare este cu mult mai mică decât viteza luminii, pentru că masa fiecărui obiect expulzat crește cu timpul și, pentru a-și păstra inerția, trebuie să-și reducă viteza.[19] Arp își bazează această interpretare pe ipoteza masei variabile din teoria gravitației a lui Hoyle-Narlikar, care susține că materia nou creată pornește cu masă zero care crește în timp prin interacțiunea cu restul materiei din univers.[20]

Poate că Arp, Burbidge sau alții care au pus la îndoială interpretarea clasică a deplasării spre roșu se înșală. Totuși, până când cosmologii ortodocși nu intră într-o dezbatere rezonabilă cu Arp și cu alți oameni de știință reputați care au propus alte interpretări ale datelor, în loc să-i ignore

[i]) Vezi pagina 71.

sau să-i denigreze, deasupra interpretării ortodoxe a tuturor deplasărilor spre roșu și, prin urmare, a modelului Big Bang va trebui să atârne în continuare un semn de întrebare.

Fluctuațiile radiației cosmice de fond

Privilegierea credinței în detrimentul rațiunii se reflectă în limbajul folosit uneori pentru anunțarea rezultatelor. De exemplu, când cercetătorul-șef George Smoot a raportat, în 1992, că sonda COBE a găsit fluctuații cu o densitate de 0,001% în radiația cosmică de fond (RCF), a spus că a fost „ca și cum aș fi văzut fața lui Dumnezeu". Stephen Hawking a spus la rândul lui că sonda făcuse „descoperirea secolului, dacă nu chiar cea mai mare descoperire din toate timpurile"[21]. „Au descoperit Sfântul Graal al cosmologiei", a anunțat și Michael Turner, de la Universitatea din Chicago, când a fost făcut anunțul la American Physical Society din Washington.[22]

Toată această euforie avea ca motiv faptul că cei mai mulți cosmologi au interpretat datele oferite de COBE drept dovezi ale modelului inflaționist ortodox al Big Bangului, argumentând că fluctuațiile reflectă neomogenitățile de la nivelul plasmei la momentul decuplării fotonilor. Au presupus că aceste neomogenități au fost produse de expansiunea inflaționară a fluctuațiilor cuantice de la Big Bang și au fost sâmburii viitoarelor galaxii, roiuri galactice și superroiuri separate de vaste regiuni de vid. Smoot și colegul lui, John Mather, de la Goddard Flight Centre, au primit Premiul Nobel în 2006 pentru detectarea fluctuațiilor.

Un editorial publicat în *Nature* la o săptămână după tot acest val de entuziasm a adoptat o poziție mai sobră:

> Simpla concluzie că datele confirmate deocamdată sunt în concordanță cu doctrina Big Bangului a fost amplificată în ziare și emisiuni de televiziune și transformată într-o dovadă că „acum știm" cum a început Universul. Aș spune că este oarecum alarmant.

Articolul menționa în continuare ce probleme ar exista dacă aceste fluctuații ar fi responsabile pentru ceea ce observăm în universul de azi și pentru explicațiile cosmologiei ortodoxe, afirmând că „nu există dovezi reale, independente, nici pentru materia întunecată, nici pentru inflație"[23].

În plus, literatura cosmologică menționează arareori că aceste fluctuații din RCF sunt compatibile cu alte modele. Ellis susține în continuare că modelele sferice simetrice neomogene ale universului pot produce fluctuații asemănătoare. Cosmologia stării cvasistaționare spune că radiația cosmică de fond apare din termalizarea energiei generate prin producerea de heliu în interiorul stelelor și privește fluctuațiile drept efecte localizate.[24] Modelul universului etern din cosmologia plasmei dă o explicație similară

a energiei radiației de fond și consideră că fluctuațiile se datorează izotropizării imperfecte a acestei energii de către un buchet de filamente de plasmă dense, constrânse magnetic, care pătrund în mediul intergalactic.[i] Modelul universului ekpyrotic ciclic consideră că au fost întipărite într-o eliberare de energie la Big Bang în urma fluctuațiilor anterioare care s-au produs atunci când două brane reci și aproape vide s-au apropiat.[ii]

Un profesor de cosmologie m-a asigurat la un moment dat că fluctuațiile din RCF au făcut „aproape cert" modelul ortodox actual începând cu o secundă după Big Bangul fierbinte. Atunci când a respins alte interpretări ale fluctuațiilor, l-am întrebat ce motive are. A recunoscut că nu citise nici unul dintre articolele relevante; pur și simplu nu avea timp să citească tot ce se publica, iar asta era valabil pentru cei mai mulți cosmologi. În acest caz, cum puteau respinge alte interpretări atâta timp cât nu le citiseră? Numai o mână de cosmologi făceau legea, a explicat el, și stabileau cea mai bună interpretare a datelor.

Iată cum unui om onest și sincer nu i-a trecut nici un moment prin minte să se întrebe dacă acești câțiva cosmologi au un interes particular – conștient sau subconștient – pentru a interpreta datele astfel încât să se potrivească numai cu modelul la care au lucrat toată viața și în care credeau cu tărie. Am rămas cu impresia că discutam cu un episcop al perspectivei ortodoxe fericit să se încreadă în colegiul cardinalilor cosmologiei.

Afirmații exagerate

Când credințele precumpănesc în detrimentul rațiunii apar tot felul de afirmații exagerate. „Satelitul NASA aruncă o privire în prima bilionime de secundă a universului" a fost titlul comunicatului de presă publicat de NASA pe 16 martie 2006 pentru a relata descoperirile din cei trei ani de activitate ai sondei WMAP, lansată la un deceniu după COBE și dispunând de instrumente mult mai precise. Articolul îl cita pe cercetătorul-șef Charles Bennett: „Putem acum să distingem între diferitele versiuni cu privire la ce s-a întâmplat în prima bilionime de secundă a universului."[25]

Din păcate, se pare că nu doar politicienii vorbesc fără acoperire. Bennett este un cosmolog ortodox, așadar cel mai probabil crede că nu putem vedea mai departe în trecut decât orizontul vizual, când radiația s-a decuplat de materie, la aproximativ 380.000 de ani după Big Bang.[iii]

O examinare mai amănunțită a datelor arată că de fapt instrumentele WMAP au înregistrat variații de temperatură și polarizarea radiației cosmice de fond, despre care cercetătorii *presupun* că s-a format la 380.000 de ani

---

[i]) Vezi pagina 89.
[ii]) Vezi pagina 90.
[iii]) Vezi pagina 106.

după Big Bang. Bazându-se pe un alt set de supoziții, oamenii de știință care analizează datele WMAP deduc că polarizarea a fost cauzată de evenimente prezumtive care s-au desfășurat în prima bilionime de secundă. Însă afirmațiile neîntemeiate despre diverse fapte nu prea sunt o bună practică științifică.

Datele WMAP

Cercetătorii din cadrul proiectului WMAP au interpretat datele pe care le-au obținut ca pe o confirmare suplimentară a modelului inflaționar ortodox al Big Bangului, susținând că tiparul de puncte fierbinți și reci se potrivea cu cele mai simple predicții ale conjecturii inflației.

În 2005 însă, mai multe analize ale datelor WMAP făcute de alți cosmologi au dus la apariția unor dubii semnificative. Richard Lieu și Jonathan Mittaz, de la Universitatea din Alabama, Huntsville, au descoperit că datele WMAP indicau un univers ușor „supercritic", în care există mai multă materie – și, în consecință, un câmp gravitațional mai puternic – decât în interpretarea cercetătorilor afiliați proiectului și că aceasta implica probleme serioase pentru conjectura inflaționară.[26] Cei doi au mai descoperit lipsa a ceea ce se numește efect de lentilă gravitațională în interiorul radiației cosmice de fond, prezis de modelul standard. După părerea lor, punctele reci din radiația de fond sunt prea uniforme ca mărime ca să fi călătorit aproape 14 miliarde de ani-lumină de la marginile universului până la Pământ. Consecințele sugerează câteva explicații alternative. Cea mai conservatoare dintre ele spune că parametrii folosiți în modelul ortodox, inclusiv constanta Hubble, sunt greșiți. Cea mai îndrăzneață susține că radiația cosmică de fond nu este rămășița unei explozii, ci s-a format în urma unui proces diferit, un proces local desfășurat atât de aproape de Pământ, încât radiația nu s-ar apropia de nici o lentilă gravitațională înainte să ajungă la telescoapele noastre.

David Larson și Benjamin Wandelt, de la Universitatea din Illinois, au găsit o deviație semnificativă statistic de la distribuția gaussiană a punctelor reci și fierbinți prevăzută de teoria inflației.[27] Kate Land și João Magueijo, de la Imperial College din Londra, au analizat radiația cosmică de fond plecând de la cele trei componente ale sale și au descoperit că două dintre ele – cvadrupolul și octopolul – prezentau o orientare a punctelor reci și fierbinți dispusă de-a lungul a ceea ce Magueijo a numit „axa răului", ceea ce contrazice predicția orientării arbitrare făcută de modelul inflaționar. Magueijo sugerează că asta s-ar putea datora formei universului, de placă, sau de covrig, sau faptului că universul se rotește, fiecare dintre aceste supoziții contrazicând supozițiile izotropiei și omnicentrismului pe care se bazează modelul ortodox.[28]

Totuși, majoritatea cosmologilor interpretează aceste orientări non-aleatorii ca abateri statistice obișnuite de la media a peste o sută de măsurători.[29]

Indiferent dacă cei doi cercetători și alții care au găsit probleme legate de datele WMAP au dreptate – iar datele obținute mai târziu de telescopul Planck sugerează că au dreptate (vezi capitolul următor) –, disponibilitatea lor de a examina datele într-o manieră deschisă și de a lua în calcul interpretări alternative contrastează puternic cu atitudinea oamenilor de știință implicați în proiect, care par să formuleze numai concluzii care susțin ipoteza investigată.

Confirmarea de către telescopul Planck a dovezilor contradictorii

În martie 2013, când a anunțat datele colectate în primele 15 luni de telescopul Planck al Agenției Spațiale Europene, Jan Tauber, unul dintre cercetătorii implicați în proiect, a susținut, urmându-i pe omologii lui de la WMAP, că „se observă o potrivire aproape perfectă cu modelul standard al cosmologiei", după care a adăugat, contrazicându-se: „dar cu anumite trăsături stranii care ne obligă să regândim unele dintre supozițiile noastre de bază"[30].

Telescopul Planck a observat radiația cosmică de fond (RCF) cu o rezoluție și o precizie mai mari ca niciodată. Au fost detectate multe trăsături care contrazic modelul inflaționar standard al Big Bangului. Printre acestea se numără nu doar anumite rectificări ale vârstei universului și ale procentelor de materie și energie întunecată estimate, ci și un punct rece care se întinde asupra unei regiuni de cer mult mai mari decât era de așteptat, precum și fluctuații de temperatură în RCF care diferă de cele prevăzute. Datele au confirmat că orientarea punctelor calde și reci nu putea fi respinsă ca o abatere statistică și că acestea erau într-adevăr aliniate de-a lungul unei axe, ceea ce contrazicea predicția modelului standard potrivit căreia ar trebui să fie izotrope, adică în general similar distribuite în orice direcție am privi.

Selectivitatea datelor

Selectivitatea, nu numai a ipotezelor, ci și a datelor, apare atunci când oamenii de știință încearcă mai degrabă să justifice o ipoteză decât să examineze obiectiv dovezile.

Am menționat ideea lui Leonard Susskind că peisajul de posibilități dă naștere unui multivers.[i] Recenzând cartea *Peisajul cosmic* a lui Susskind, Ellis subliniază că, ipotetic vorbind, acest multivers ar fi apărut prin tunelare cuantică, de aici rezultând un univers omogen din punct de vedere spațial și izotrop, cu o curbură spațială negativă și, prin urmare, cu o va-

[i]) Vezi pagina 98.

loare a parametrului Omega (Ω) mai mică decât 1.[i] Cea mai bună valoare determinată prin observație este $\Omega = 1{,}02 \pm 0{,}02$. Date fiind abaterile statistice, această valoare nu intră neapărat în conflict cu conjectura lui Susskind, dar nici n-o susține. Susskind însă nici măcar nu discută aceste date nefavorabile. Ellis conchide că acesta este „un simptom al cosmologiei prezente, în care încrederea în teorie tinde să precumpănească în raport cu dovezile."[31]

Legea interpretării datelor

Am acordat spațiu interpretărilor alternative ale datelor astronomice propuse de astronomi reputați pentru că astfel de variante sunt auzite arareori în afara comunității cosmologice și, în multe cazuri, nici măcar în interiorul său. Această comunitate este, până la urmă, o instituție umană în care sunt instruiți tinerii cosmologi și în care susținătorii perspectivei ortodoxe curente îi ajută să publice, să obțină fonduri și să reușească în carieră. Presiunile pentru a se conforma acestei perspective ortodoxe sunt la fel de mari ca în orice instituție umană.

Mai mult, cosmologia necesită investiții de timp întinse pe mulți ani: la început este propusă o idee de cercetare, se depune o cerere de finanțare, cei care propun proiectul încearcă să convingă organismele de finanțare să-l accepte și, spre exemplu, pe cei de la NASA să trimită un satelit, și, în sfârșit, sunt culese și interpretate datele brute – 18 ani în cazul satelitului COBE. La fel, specialiștii în fizica particulelor pot investi decenii întregi din cariera lor pentru a desfășura o investigație care necesită cooperarea mai multor state, de exemplu pentru a finanța un accelerator de particule. Oamenii de știință sunt și ei oameni, deci e firesc să-și dorească să vadă dacă aceste investiții au meritat.

Compararea rezultatelor anunțate cu mai rarele puncte de vedere echilibrate ale unor cosmologi precum Ellis sau Rowan-Robinson sugerează că am putea avea aici de-a face cu o lege.

> **legea interpretării datelor** Măsura în care un om de știință se îndepărtează de o interpretare obiectivă a datelor obținute în cursul cercetării este o funcție cu patru factori: hotărârea lui de a valida o ipoteză sau de a confirma o teorie, timpul investit pentru acea investigație, investiția emoțională pusă în joc în proiect și importanța pe care o au în cariera sa publicarea unei lucrări de însemnătate sau apărarea propriei reputații.

---

[i]) Vezi pagina 48 pentru explicații despre parametrul Omega și despre relația lui cu geometria universului.

În capitolele 3 și 4 am găsit probleme semnificative în legătură cu modelul inflaționar standard al Big Bangului, iar în capitolul 5 am ajuns la concluzia că alte conjecturi care îl concurează și încearcă să-l modifice sau să-l depășească nu au reușit până acum să explice în mod științific originea universului; principalele lor afirmații nu sunt testate și majoritatea sunt aproape sigur netestabile.

Mă voi ocupa aici de câteva probleme teoretice mai profunde pe care se bazează modelul cosmologic ortodox și cele mai multe dintre alternative.

Limitele teoriei cuantice și ale teoriei relativității

Teoria cuantică și teoria relativității sunt fundamentale pentru modelul Big Bangului, dar și pentru teoriile concurente. Ambele au reușit să facă predicții care au fost confirmate prin observații și experimente, fiecare în domeniul său: domeniul dimensiunilor foarte mici – subatomice – în cazul teoriei cuantice și domeniul dimensiunilor foarte mari – mase stelare, viteze apropiate de viteza luminii – în cazul teoriei relativității. Cu toate acestea, fiecare dintre ele este inevitabil incompletă, pentru că nu poate explica fenomene din domeniul celeilalte teorii.[i] Aceste rezultate sugerează că fiecare din cele două teorii este un caz particular al unei teorii mai profunde și mai complete a naturii.

Au fost făcute multe încercări de a unifica teoria cuantică și teoria relativității – „teoriile" corzilor, gravitația cuantică cu bucle, de exemplu –, dar, după cum am văzut, acestea nu au fost încă testate din punct de vedere științific. În plus, fiecare ridică diferite probleme: oportunitatea relativității generale pentru prezicerea sau chiar descrierea universului ca întreg, respectiv natura realității în teoria cuantică.

Oportunitatea relativității generale

Astronomii și fizicienii au adoptat teoria relativității generale a lui Einstein pentru că încorpora gravitația în teoria relativității restrânse, descriind astfel toate forțele cunoscute, și pentru că explica precesia anormală a plane-

[i]) De exemplu, Wolfgang Tittel și colegii lui au raportat că doi fotoni corelați cuantic și aflați la mai mult de zece kilometri unul de altul s-au comportat în același fel când au fost confruntați cu rute alternative, la fel de posibile, încălcând în mod evident teoria relativității restrânse a lui Einstein, care interzice informației să circule la viteze mai mari decât lumina (W. Tittel *et al.*, „Violation of Bell Inequalities by Photons More Than 10 km Apart), *Physical Review Letters*, nr. 81/17, 1998, pp. 3563–3566). Dar nu numai în domeniul subatomic nu se aplică teoria relativității. Rainer Blatt și colegii lui (M. Riebe *et al.*, „Deterministic Quantum Teleportation with Atoms", *Nature*, nr. 429/6993, 2004, pp. 734–737) și D.J. Wineland și colegii lui (M.D. Barrett *et al.*, „Deterministic Quantum Teleportation of Atomic Qubits", *Nature*, nr. 429/6993, 2004, pp. 737–739) au raportat transmiterea aproape instantanee a stărilor cuantice ale ionilor de calciu și de beriliu.

tei Mercur la punctul de maximă apropiere față de Soare, ceea ce mecanica newtoniană nu reușise să facă. Dar această teorie este oare oportună pentru a face predicții sau chiar pentru a descrie universul ca întreg?

Teoria relativității generale nu este o ecuație care să prezică o soluție unică în funcție de niște condiții inițiale specifice; conține un set de zece ecuații în care pot fi introduse câmpuri scalare arbitrare, anumiți parametri și anumite valori ale acestor parametri. Astfel, Einstein a putut să aleagă un parametru și o anumită valoare a acelui parametru pentru a produce un univers static, alți cosmologi au putut să aleagă un câmp scalar cu diverse valori pentru a produce diverse universuri inflaționare, Hoyle și colegii săi au putut să aleagă un câmp scalar identic, dar cu alte valori ale altor parametri pentru a produce un univers în stare cvasistaționară, Steinhardt și Turok au putut să aleagă un alt câmp scalar și, de asemenea, alți parametri și alte valori pentru a produce un univers ciclic în care energia întunecată nu este o constantă, ci evoluează dinamic.

Toți au pretins că versiunea lor de univers este în concordanță cu datele observaționale, deși nu există de fapt nici o dovadă pentru existența vreunui câmp scalar inflaționar sau de energie întunecată, în vreme ce, spre exemplu, există dovezi pentru existența unui potențial câmp electric scalar. De fapt, după cum a arătat Ellis[i], este perfect posibil să mergem înapoi pe firul demonstrației matematice pentru a alege exact parametrii care duc la rezultatele dorite. Ca să-l parafrazăm pe Humpty Dumpty din *Alice în țara din oglindă* de Lewis Carroll, atunci când aleg câmpurile scalare, parametrii și valorile lor, ecuațiile relativității generale înseamnă exact ce aleg eu să însemne – nici mai mult, nici mai puțin. (Carroll era, bineînțeles, matematician.)

Setul de ecuații le-a permis, de asemenea, susținătorilor modelului inflaționar, modelului ciclic sau modelului stării cvasistaționare să se folosească de gravitație pentru a asigura universului propus de modelul lor o sursă nesfârșită de energie care să producă materie și să susțină expansiunea lui în ciuda uriașei forțe de atracție exercitate de materia superdensă astfel creată.[ii] Deși sursele inepuizabile de energie pot exista – la fel ca unicornii și zeii – în lumea conceptuală din care face parte și matematica, e discutabil dacă toate acestea pot să existe și în lumea fizică.

Realitatea lumii cuantice

Chestiunea măsurii în care formele coerente din punct de vedere matematic reprezintă lumea reală apare din nou atunci când luăm în discuție teoria cuantică, unul dintre cele mai dificile și mai tehnice concepte științifice.

---

[i]) Vezi pagina 64.

[ii]) Ecuația gravitațională a lui Newton permite de asemenea acest lucru, dacă admitem că separarea dintre masele punctiforme este absolută.

Ecuațiile și principiile care constituie teoria cuantică au avut un succes remarcabil în a face predicții testate experimental – cea mai importantă se referă la numărul și structura atomică a elementelor care pot exista și la felul în care se leagă atomii lor pentru a produce molecule, oferind astfel baza teoretică a chimiei. Cu toate acestea, teoria cuantică i-a tulburat pe aceia dintre creatorii ei, precum Einstein, Erwin Schrödinger sau Louis de Broglie, care au adoptat perspectiva filozofică a realismului, prin care știința explică realitatea așa cum este ea în absența noastră. Motivul este acela că lumea pe care o descrie teoria cuantică este paradoxală, intrinsec incertă, dependentă de măsurători și indeterministă, cu alte cuvinte, o lume care permite existența unor efecte fără cauze.

Această teorie a oferit multe interpretări pentru ce înseamnă în realitate ecuațiile ei. De exemplu, susține că un electron se comportă atât ca o particulă, cât și ca o undă. La fel se comportă și lumina. Unda nu este o undă de lucruri fizice, precum undele de apă, ci este o undă de informație. Putem face o analogie cu un val de crime, care ne spune unde anume este mai probabil să aibă loc o anumită crimă. O undă cuantică ne spune unde există probabilitatea să se găsească o anumită particulă și probabilitatea ca aceasta să aibă anumite proprietăți, precum rotația sau energia. Nu este localizată: este infinită în mărime și conține toate stările posibile de existență ale entității cuantice. Astfel, un electron poate fi oriunde.

Conform interpretării standard (cunoscută drept modelul Bohr sau modelul Copenhaga), ceea ce nu poate fi măsurat nu are o existență fizică. Funcția de undă colapsează în probabilitatea unei particule fizice cu o poziție, o inerție și o energie determinate numai atunci când este măsurată. Nu putem însă măsura simultan poziția exactă a unei particule, inerția ei exactă și energia ei exactă la un anumit moment.

Interpretarea standard spune că nici o realitate independentă în sensul fizic obișnuit nu poate fi atribuită fenomenului cuantic sau acțiunii de măsurare. Mulți dintre susținătorii ei, precum laureatul Nobel Eugene Wigner, sunt de părere că măsurarea presupune prezența unui observator dotat cu conștiință. Aceasta nu pune mari probleme atunci când, să spunem, măsurăm dispersia unei raze solare care trece printr-o placă cu fante. Ridică însă probleme atunci când luăm în considerare realitatea universului sau a electronilor, barionilor și fotonilor care s-au materializat în urma unui Big Bang.

Distinsul fizician teoretician John Wheeler, un colaborator al lui Einstein spre sfârșitul vieții acestuia, a dus ipoteza realității fizice dependente de prezența unui observator conștient la concluzia sa logică. El a afirmat că universul are nevoie, pentru a exista, de prezența unor observatori conștienți care să-l facă real, nu doar azi, ci și retrospectiv, la momentul Big Bangului. Universul exista într-un fel de stare probabilistică indeterminată,

fantomatică, până când ființele conștiente l-au observat, colapsând astfel funcția de undă pentru întregul univers și conferindu-i existență fizică.

Alte interpretări, precum cea a multiversului cuantic propusă de Everett (de care mă voi ocupa în capitolul următor) au încercat să evite acest tip de probleme, dar au creat altele.

Infiniți într-un cosmos fizic

Teoria cuantică are de asemenea o problemă cu infiniții. Descrierea pe care o face mecanica cuantică unui câmp, precum câmpul electromagnetic, atribuie valoare fiecărui punct din spațiu. Asta produce un număr infinit de variabile, chiar și într-un volum finit; fiecare dintre aceste variabile are o valoare care, conform teoriei cuantice, poate fluctua incontrolabil. Conform lui Smolin, astfel pot fi prezise o infinitate de numere pentru probabilitatea ca un anumit eveniment să se întâmple, precum și pentru tăria unei anumite forțe.

Pe lângă faptul că permite existența unei surse infinite de energie, teoria relativității generale are și alte probleme cu infiniții. După cum am văzut în capitolul 4[i], în interiorul găurii negre densitatea materiei și forța câmpului gravitațional devin infinite, și tocmai acest lucru se presupune că se întâmplă dacă mergem înapoi pe firul expansiunii universului până la momentul Big Bangului. Totuși, atunci când densitatea devine infinită, ecuațiile relativității generale își pierd valabilitatea.

Drept consecință a supozițiilor simplificatoare care au fost făcute pentru a rezolva ecuațiile relativității generale, atât modelul plat al universului (cel ortodox), cât și modelul hiperbolic sunt în mod necesar infinite ca întindere. Dacă oricare din ele ar avea o limită finală, ar contrazice supoziția că universul arată la fel privit din orice punct.[ii] Cei mai mulți cosmologi nu văd în asta o problemă. Max Tegmark se întreabă: „Cum ar putea spațiul să nu fie infinit?“[32]

Unele ipoteze susțin că, într-un multivers care include toate universurile posibile, există implicit un număr infinit de universuri.

Infinitul este însă altceva decât un număr foarte mare. David Hilbert, cel care a construit în bună măsură fundamentele matematicii secolului XX, spunea:

> Principalul nostru rezultat este că infinitul nu poate fi întâlnit nicăieri în realitate. Nici nu există în natură, nici nu oferă o bază legitimă pentru gândirea rațională.[33]

---

[i]) Vezi pagina 65.

[ii]) Acest lucru nu este necesar pentru un univers sferic: o sferă perfectă arată la fel din orice punct de pe suprafața ei.

Dacă Hilbert are dreptate, atunci ipotezele care folosesc infiniți pentru a descrie lumea fizică nu sunt valide.

Dacă Hilbert se înșală într-atât de mult încât constructul matematic al infinitului de fapt are un corespondent în lumea fizică, pe care însă noi, în calitate de ființe finite, nu suntem capabili să-l percepem, atunci nu putem niciodată să validăm sau să respingem o asemenea ipoteză prin metoda științifică.

Chiar dacă Hilbert se înșală întru totul și numai incapacitatea noastră actuală de a crea teste empirice pentru ipoteze ce implică infiniți ne limitează, astfel de ipoteze rămân problematice. De exemplu, mai multe conjecturi cosmologice alternative discutate în capitolul 5 susțin că universul este etern. În acest caz, subliniază Ellis, dacă un eveniment se întâmplă într-un moment oarecare în timp, orice asemenea conjectură trebuie să explice de ce el nu s-a întâmplat mai înainte, având în vedere că a existat un timp infinit în care s-ar fi putut petrece.[34]

Voi vorbi despre principiul entropiei în creștere în cadrul discuției despre evoluția materiei. Aici este suficient să precizăm că această lege fizică susține că, în timpul oricărui proces dintr-un sistem izolat, dezordinea crește până când se atinge o stare de echilibru. Universul este sistemul izolat suprem, din moment ce, prin definiție, fie conține întreaga materie și energie care există, fie este deconectat de celelalte universuri dintr-un prezumtiv multivers. Urmează că, dacă acest principiu fizic este valid în univers și dacă universul are o existență infinită, atunci și-ar fi atins starea finală de echilibru cu un timp infinit în urmă, iar noi n-am mai fi vii, deci n-am mai putea să reflectăm asupra acestei probleme.[35]

Inadecvarea matematicii

Newton a dezvoltat o nouă ramură a matematicii – calculul integral –, care a jucat un rol crucial atunci când și-a formulat legile fizice. Fizicienii teoreticieni și cosmologii de la Einstein încoace au folosit în general, uneori adaptând-o, o matematică preexistentă – geometria diferențială a spațiului cvadridimensional, teoriile de etalonare, câmpurile scalare ș.a.m.d. – pentru a-și exprima și a-și cuantifica ideile despre originea și evoluția universului. După cum am văzut, matematica unora dintre aceste idei nu mai funcționează atunci când ne întoarcem către originea universului, sau nu corespunde realității așa cum o cunoaștem. Poate că va fi nevoie să inventăm o nouă matematică pentru a exprima și a cuantifica o teorie completă a originii și evoluției universului. O astfel de teorie ar explica tot ceea ce explică teoria relativității la scară mare și tot ceea ce explică teoria cuantică la scară subatomică.

LIMITĂRILE INTRINSECE ALE ȘTIINȚEI

Așa cum am văzut, multe dintre conjecturile avansate pentru a explica originea universului nu numai că rămân netestate, ci se dovedesc netestabile: dacă nu putem detecta un fenomen sau nu-i putem atribui un efect asupra a ceva ce putem detecta, atunci nu-l putem testa propriu-zis. Aceste teorii netestabile nu se încadrează în domeniul științei, care este o disciplină empirică.

CONCLUZII

În ciuda anunțurilor prea entuziaste și uneori triumfaliste făcute de cercetători după analiza datelor culese în urma unor observații îndelungate și costisitoare, cosmologia se confruntă cu dificultăți practice considerabile. De asemenea, are probleme cu interpretarea datelor brute, printre care se numără caracterul discutabil al supozițiilor de bază, adesea neexprimate limpede. Prin urmare, nu cunoaștem cu exactitate valoarea multor parametri-cheie, precum constanta Hubble sau densitatea universului, și, în consecință, vârsta și rata de expansiune a universului. Nici modelul ortodox al Big Bangului modificat semnificativ, nici alte conjecturi concurente nu furnizează teorii solide din punct de vedere științific pentru a explica originea și forma universului. Mai mult, fiecare din cele două teorii care stau la baza tuturor modelelor – relativitatea și mecanica cuantică – este implicit incompletă și adesea are propriile probleme.

Pe măsură ce se îmbunătățesc tehnicile de detectare, iar interpretările și teoriile se dezvoltă ca răspuns la noile date și noile idei, limitările de ordin practic, interpretativ și teoretic vor fi depășite, iar cosmologia ne va oferi o mai bună cunoaștere a originii universului și, astfel, a originii materiei din care suntem formați.

Totuși, până când cosmologii vor da o nouă definiție a științei și a metodei științifice, care să fie acceptabilă atât pentru comunitatea științifică, cât și pentru mai larga comunitate intelectuală, multe dintre „teoriile“ cosmologice trebuie privite ca niște conjecturi netestabile și, de aceea, rămân în afara domeniului științei.

Se poate obiecta, desigur, că domeniul cosmologiei este diferit de alte ramuri ale științei în trei privințe, pe care le-am pomenit la începutul capitolului, și că, în consecință, dacă vom constrânge cosmologia să se supună metodologiei științifică, puterea ei explicativă va scădea. Acest argument poate fi folosit pentru a justifica felul în care cosmologii trec peste convențiile științei pentru a explica universul. De aceea, în următorul capitol voi verifica dacă conjecturile cosmologice produc idei convingătoare chiar dacă nu trec testele mai stricte ale științei.

CAPITOLUL 7

Rezonabilitatea conjecturilor cosmologice

> Prin spațiu, universul mă cuprinde și mă înghite ca pe un punct;
> prin gândire, eu îl înțeleg. — Blaise Pascal, 1670
>
> Rațiunea este revelație naturală. — John Locke, 1690

Atunci când evaluăm rezonabilitatea explicațiilor cosmologice care se află în afara domeniului empiric al științei trebuie să ne punem două întrebări: Care ar trebui să fie aria de acoperire a unor astfel de conjecturi? Cum le putem testa rezonabilitatea? În lumina răspunsurilor la aceste întrebări, voi examina conjecturile cosmologice din două arii de interes: originea universului și forma universului, pentru că ambele sunt fundamentale pentru înțelegerea originii materiei din care suntem formați.

ARIA DE ACOPERIRE A CONJECTURILOR COSMOLOGICE

Conjecturile cosmologice trebuie oare să se limiteze la elementul material al cosmosului?

Mulți oameni de știință sunt materialiști, și pentru ei aceasta e o întrebare trivială, deoarece consideră că universul material chiar *este* tot ceea ce există și că lucruri precum conștiința, mintea ș.a.m.d. vor fi în cele din urmă explicate de știință în termeni de materie și interacțiuni ale materiei. Totuși, conform criteriului lui Popper, o astfel de perspectivă este ea însăși neștiințifică, fiindcă nu poate fi niciodată falsificată.

Cred că este rezonabil să extindem aria de acoperire a conjecturilor prin examinarea lucrurilor nemateriale care au o relevanță directă în raport cu originea și evoluția universului material. Asta naște o serie de întrebări metafizice interconectate; pot fi văzute drept aspecte diferite ale aceleiași întrebări, dar ajută să le separăm în trei categorii, chiar dacă această clasificare este arbitrară și permeabilă.

Cauza legilor fizicii

Cele mai multe explicații cosmologice susțin sau presupun că materia se comportă și evoluează conform legilor fizicii. Prin urmare, întrebarea de bază este ce anume a făcut aceste legi să existe.

După cu vom vedea în capitolul 28, în care voi examina evoluția gândirii filozofice, nu există un răspuns limpede. Până și Aristotel, raționalistul prin definiție, a fost nevoit, urmând lanțul cauzalității, să conchidă că prima cauză trebuie să fie propria sa cauză, eternă, neschimbătoare, fără atribute fizice și, prin urmare, divină.

Natura legilor fizicii

Dacă mergem puțin mai departe, ne putem întreba care este natura legilor fizicii. Această întrebare poate fi descompusă în trei întrebări:[1]

1. *Sunt descriptive sau prescriptive?*
   Dacă nu fac decât să descrie cum sunt lucrurile, de ce întreaga materie și interacțiunile ei (forțele) au aceleași proprietăți peste tot în universul observabil? De ce toți electronii sunt identici? De ce forța electromagnetică se calculează la fel peste tot? Dacă, pe de altă parte, aceste legi determină felul în care sunt lucrurile, atunci materia va fi în mod necesar la fel peste tot, presupunând că legile sunt la rându-le invariabile. În acest caz, cum se pot impune legile fizicii asupra materiei din univers?
2. *Preexistă universului și îi controlează apariția, apar odată cu universul, sau există dintotdeauna laolaltă cu un univers etern?*
   Dacă totul a început cu Big Bangul, cum ar putea fi create asemenea legi într-un eveniment de creație fără legi? Dacă nu, atunci cum au putut să preexiste universului? Dacă universul este etern, legile fizice sunt la rândul lor neschimbătoare și etern coexistente cu universul, sau se schimbă de-a lungul timpului infinit?
3. *De ce sunt exprimate prin relații matematice care, în cele mai multe cazuri, sunt foarte simple?*
   Cu câteva excepții notabile, precum relativitatea generală, majoritatea legilor fizice se exprimă prin ecuații foarte simple, de exemplu legea inversului pătratului forței electromagnetice. De ce se întâmplă asta? Matematica descrie sau determină legile fizice? Care este natura matematicii?

Natura matematicii

Cosmologul Max Tegmark, de la MIT, spune că o structură matematică este „o entitate abstractă, imuabilă, care există în afara spațiului și timpului“[2]. (Această conjectură neagă implicit materialismul.)

Roger Penrose îl urmează și el pe Platon și afirmă că există „dovezi puternice (dar incomplete)“ că formele matematice au o realitate obiectivă în afara lumii fizice. Mai mult, în timp ce numai o mică parte a acestei lumi matematice are relevanță pentru lumea fizică din care facem parte, aceasta

este în întregime guvernată de legi matematice. Dacă lucrurile stau așa, atunci „chiar și acțiunile noastre fizice s-ar conforma în întregime unui asemenea control matematic suprem, unde «controlul» ar putea totuși să permită anumite acțiuni întâmplătoare guvernate de principii probabilistice stricte."[3]

Conjectura care spune că formele matematice există ca o realitate transcendentă în afara universului fizic și că ele cauzează și/sau guvernează universul trebuie să explice cum poate o formă matematică să genereze și/sau să controleze un univers material.

Biserica creștină a asimilat cu mult timp în urmă această noțiune platoniciană și a dat o explicație simplă: realitatea transcendentă este Dumnezeu. În consecință, marea majoritate a celor mai importanți oameni de știință din Occident, începând cu prima revoluție științifică de la jumătatea secolului al XVI-lea, apoi de la mijlocul secolului al XVIII-lea și până la începutul secolului XX – Copernic, Kepler, Newton, Descartes, până la Einstein – au încercat să descopere legile matematice care guvernează universul nostru ca modalități de a descoperi chiar „mintea lui Dumnezeu", ca să folosim memorabila formulare a lui Stephen Hawking.

Keith Ward, preot anglican și fost profesor de teologie la Oxford, a încercat să dea o explicație rațională argumentând că necesitățile matematice există cu adevărat numai atunci când sunt concepute de o anumită conștiință. Pentru o teorie matematică a tuturor lucrurilor, acea conștiință are în mod necesar atributele lui Dumnezeu, mintea supremă care există în sine.[4]

Ideea non-religioasă a unor forme matematice transcendente care guvernează un univers fizic a fost dusă la o concluzie logică de misticul și ecologistul Duane Elgin. El vorbește despre o „evoluție dimensională" în care universul este un sistem viu ținut laolaltă prin influența unificatoare a unei „geometrii sacre cu o subtilitate extraordinară, o structură profundă și țeluri de mare eleganță". Aceasta impregnează cosmosul și oferă cadrul organizator pentru manifestarea ordonată a universului nostru material, precum și contextul organizator pentru evoluția vieții. Geometria sacră este creația „Meta-universului", care este „o Forță vitală inimaginabil de vastă, inteligentă dincolo de puterea noastră de înțelegere și infinit creativă care a ales să confere existență manifestă cosmosului nostru"[5]. Dacă acest Meta-univers nu este chiar Dumnezeul personal intervenționist al iudeo-creștinismului și islamului, el seamănă totuși destul de mult cu vechile reprezentări ale lui Brahman și Dao.[i]

Lee Smolin, pe de altă parte, crede că a doua revoluție științifică eliberează știința de această viziune fundamental spirituală asupra lumii. „Ceea ce leagă relativitatea generală, teoria cuantică, selecția naturală și noile științe

[i]) Vezi glosarul pentru definiție sau pagina 32 pentru explicații.

ale sistemelor complexe și auto-organizate este faptul că sunt moduri diferite de a descrie o lume care este un întreg prin ea însăși, fără a fi nevoie de o inteligență exterioară care să o fi inventat, care s-o organizeze și s-o observe din afară."[6] Ingredientele noi în acest caz sunt teoriile selecției naturale, complexității și sistemelor auto-organizatoare. Din moment ce ele sunt în general invocate pentru a explica apariția vieții, mă voi abține să le discut până în partea a doua.

TESTAREA CONJECTURILOR COSMOLOGICE

Dacă tot nu există nici un mijloc predictibil sau măcar posibil de a testa conjecturile cosmologice prin experiment și observație, atunci ce teste ar trebui să folosim pentru a le evalua și a le determina rezonabilitatea în raport cu, să spunem, aceea a mitului apariției lumii dintr-un ou?

De obicei sunt folosite următoarele explicații.

Frumusețea

Fizicienii teoreticieni caută adesea aspectul estetic în teoriile și ecuațiile lor. Așa cum a spus specialistul în fizică cuantică Paul Dirac, „este mai important să găsești ecuații frumoase decât să le vezi confirmate prin experiment". Steven Weinberg, laureat Nobel și specialist în fizica particulelor, observa de asemenea că „fizicienii au fost mereu călăuziți de simțul frumosului, nu doar în căutarea unor noi teorii, ci și în evaluarea validității teoriilor fizice construite"[7].

Dar frumusețea este subiectivă. Putem spune, de pildă, despre constanta π, care apare în multe ecuații și are valoarea 3,141592653... (valoarea exactă nu poate fi calculată), că este frumoasă? Poate spune cineva că ipoteza sau conjectura lui este mai frumoasă decât ale altora? Povestea creației din primul capitol al Genezei este frumoasă?

Dacă acești teoreticieni vor să spună de fapt că au o ipoteză care explică frumos un set de fenomene, atunci vorbim despre altceva; voi examina în altă parte căi alternative de cunoaștere în raport cu raționarea. Nu cred însă că frumusețea este un test adecvat pentru rezonabilitatea unei conjecturi științifice.

Parcimonia

Mai este numită economicitatea unei teorii, simplitatea ei sau briciul lui Occam. Înseamnă, în esență, că, dintre mai multe explicații concurente ale datelor, este preferabilă cea mai puțin complexă.

Cred că este un principiu util ca regulă generală, dar trebuie folosit cu circumspecție și numai laolaltă cu alte teste, pentru că e discutabil dacă

alte explicații trec cu mai mult succes acest test. De exemplu, s-ar putea spune că cea mai simplă explicație pentru legile fizicii este că Dumnezeu sau un zeu le-a făcut așa cum sunt.

Concordanța internă

O conjectură ar trebui să fie coerentă, adică să aibă o anumită concordanță logică internă astfel încât părțile ei să poată forma împreună un întreg armonios. Dacă are o contradicție internă, atunci conjectura este în mod cert nerezonabilă. Prin urmare, acest test este esențial.

Concordanța externă cu dovezile

Se poate arăta că o conjectură este în concordanță cu dovezile cunoscute, chiar dacă nu poate face predicții sau retrodicții care să poată fi testate independent.

Acesta este un test util, deși nu suficient pentru validarea științifică.

Concordanța externă cu alte teorii științifice

Aceasta este ceea ce Edward O. Wilson, preluând termenul de la filozoful de secol XIX William Whewell, numește consilienă: conjectura se află în acord cu teorii verificate convingător din alte domenii științifice, formând împreună cu ele o bază comună pentru explicație.

Dacă nu este posibil să arătăm concordanța cu dovezile în interiorul domeniului de studiu al unei anumite conjecturi, atunci concordanța cu alte teorii științifice contemporane este un test util.

ORIGINEA UNIVERSULUI

Principalele conjecturi cosmologice cu privire la originea universului se împart în două categorii: cele care postulează că universul are un început și cele care susțin că universul este etern.

Modelul ortodox: Big Bangul

Exemplul de bază pentru prima categorie este modelul ortodox curent al Big Bangului, care însă, după cum am văzut în capitolul 4, nu explică cum a fost creată materia din nimic. Încercările de a face acest lucru au dus la conjectura energiei nete zero a universului, în care energia negativă compensează exact energia pozitivă reprezentată de masa de repaus și de energia cinetică a materiei și radiației.[i] L-a făcut pe Guth să numească universul „o masă gratuită“.

[i]) Vezi pagina 73.

Totuși, dacă Big Bangul este începutul pentru tot, inclusiv pentru spațiu și timp, atunci nu există un univers cu energie netă zero care să furnizeze energia pentru tot ce urmează și nici un vid inițial care să se supună legilor teoriei cuantice. Această conjectură nu trece testul esențial al concordanței interne.

Dacă, așa cum susțin azi teoreticienii inflației, Big Bangul s-a produs la sfârșitul unei perioade de inflație, atunci aceasta nu este un adaos la modelul de bază, ci o contradicție cu afirmația lui centrală. Nici măcar cosmologii nu pot să aibă un prânz gratis și să-l și mănânce: fie Big Bangul a fost începutul a toate, fie nu a fost.

Deși cosmologii numesc actualul model ortodox al Big Bangului modelul cosmologic standard sau modelul de concordanță, poate că el este descris mai corect astfel: Modelul-grupului-de-conjecturi-ale-inflației-bazate-pe-fluctuația-cuantică-fie-înainte-fie-după-Big-Bangul-fierbinte-cu 27%-materie-întunecată-necunoscută-și-68%-energie-întunecată-necunoscută.

Versiunile care spun că inflația s-a produs înainte de Big Bang au o concordanță internă mai mare decât a celor în care Big Bangul este începutul a tot și decât miturile iudeo-creștine și islamice ale creației divine.[i] Totuși, fiindcă nu propun o explicație credibilă pentru ce sunt și în ce fel apar materia întunecată și energia întunecată, nu pot pretinde că sunt parcimonioase și nici măcar că au o putere explicativă mare, din moment ce la ora actuală nu pot explica 95% din ceea ce oricum se crede a fi doar o infimă parte din univers. Mai mult, din moment ce aceste versiuni nu explică de unde provin vidul cuantic, legile mecanicii cuantice și câmpul inflaționar, e greu de spus că sunt mai rezonabile și mai argumentate decât credințele că Brahman sau Dao sunt realitatea supremă care există în afara spațiului și timpului, din care a apărut totul și din care este format totul.

Conjecturile multiversului

Motivate mai ales de nemulțumirea cu privire la explicația cosmologică ortodoxă a originii universului, alte idei, precum modelul inflaționar haotic al lui Linde, teoria selecției naturale a găurilor negre a lui Smolin sau peisajul de posibilități din conjectura corzilor, speculează că universul nostru e pur și simplu unul dintr-un număr foarte mare, dacă nu chiar dintr-o infinitate, de alte universuri dintr-un multivers.

Deși aceste sugestii pot explica de unde și cum a apărut universul nostru, ele nu fac decât să amâne problema originilor: nu reușesc să explice de unde, cum și de ce a apărut multiversul, sau universul-părinte, cum îl numește

[i]) Vezi pagina 34.

Smolin. Dacă ar susține că multiversul este etern, asta nu explică de ce și cum ar fi apărut universul nostru la un anumit moment în timp și nu în oricare altul din infinitatea de momente ale eternității dinaintea lui.

Mă voi referi la rezonabilitatea altor afirmații despre multivers în următoarea secțiune, „Forma universului".

Modelele „eterne"

În capitolul 5 am examinat câteva dintre autoproclamatele modele eterne ale universului, precum inflația haotică eternă, universul oscilant sau universul ekpyrotic ciclic. Am văzut că, deși matematica permite ca aceste universuri să continue la nesfârșit în viitor, fiecare dintre ele are un început. Evident, nu poate exista un univers „semietern", care să aibă un început, dar să nu aibă și un sfârșit, prin urmare aceste teorii pică testul concordanței interne.

Tot în capitolul 5 am arătat cum Hoyle și colegii lui au modificat modelul inițial al stării staționare pentru a produce o cosmologie a stării cvasistaționare (CSCS). Ideea ei centrală este că universul e etern și își continuă expansiunea la nesfârșit: atât timpul, cât și spațiul sunt infinite.

Nu există o contradicție logică între infinitatea spațiului și faptul că se extinde în continuare, deci o astfel de conjectură are concordanță internă.

Totuși, CSCS încearcă să obțină concordanța externă cu datele observaționale susținând că mini-Big Banguri non-singulare creează continuu regiuni cu materie nouă în cicluri care produc o expansiune în stare staționară a universului pe termen lung. Creația din nimic printr-o serie nesfârșită de mini-explozii nu e cu nimic mai rezonabilă decât creația din nimic printr-un Big Bang. Mai mult, deși CSCS evită problema singularității pentru fiecare ciclu, extrapolând înapoi expansiunea totală a universului ajungem la un univers infinit de mic care nu mai poate fi deosebit de o singularitate. Putem spune atunci că acesta ar fi un început al universului, care, astfel, nu mai poate fi considerat etern.

FORMA UNIVERSULUI

Cum începe să existe universul într-o anumită formă dintre toate formele posibile din punct de vedere logic? Aceste forme alternative includ universuri cu alte constante fizice, sau cu alte legi fizice, sau cu un număr diferit de dimensiuni ș.a.m.d. Această întrebare este o parte esențială din mai larga întrebare antropică: de ce este universul nostru reglat fin pentru a permite evoluția oamenilor?

Reglajul fin al parametrilor cosmologici

În capitolul 4 am văzut că Martin Rees a susținut că dacă oricare dintre cei șase parametri cosmologici ar avea o valoare fie și numai cu puțin diferită

de valoarea lui prezentă, atunci universul n-ar fi putut evolua astfel încât să permită apariția vieții pe bază de carbon și a ființelor dotate cu judecată, cum suntem noi. Legile fizicii nu prezic valoarea acestor parametri, iar actualul model cosmologic ortodox nu poate explica de ce și cum acești parametri sunt atât de fin reglați.

Cei șase parametri sunt:

1. *Omega (Ω): o măsură a atracției gravitaționale a materiei din univers în raport cu energia sa de expansiune.*
   Dacă a existat un Big Bang, atunci când universul avea doar o secundă valoarea lui Omega trebuie să fi fost cuprinsă între 0,99999999999999999 și 1,00000000000000001, altfel universul fie ar fi ajuns rapid la Big Crunch, fie s-ar fi extins prea rapid în gol.[i]
2. *Lambda (Λ): constanta cosmologică.*
   După cum am văzut în capitolul 4, această prezumtivă constantă care reprezintă o energie întunecată, antigravitațională, necunoscută este discutabilă, la fel ca multe dintre supozițiile care stau la baza estimării ei. Totuși, constituie o parte fundamentală din actuala cosmologie ortodoxă, iar valoarea pe care au estimat-o cosmologii este incredibil de mică, de circa 10^{-29} grame pe centimetru cub. Dacă nu ar fi fost atât de mică, spune Rees, efectul ei ar fi oprit formarea de stele și de galaxii, iar evoluția cosmică ar fi fost înăbușită înainte să înceapă.
3. *Nu (N): raportul dintre intensitatea forței electromagnetice și cea a forței gravitaționale.*
   Valoarea ei este de aproximativ 10^{36} (1.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000).

   Forța electromagnetică asigură stabilitatea atomilor și moleculelor, echilibrând forța de atracție și forța de respingere a nucleelor și electronilor cu sarcini opuse. La această scară, forța gravitațională relativ mică este neglijabilă. La scara planetelor, care sunt aproape neutre din punct de vedere electric și mult mai mari, forța gravitațională predomină. Dacă *Nu* ar fi fost doar cu câteva zerouri mai mic, o astfel de forță gravitațională puțin mai puternică ar fi dus la un univers în miniatură, de scurtă durată, nu s-ar fi format nici un fel de structuri complexe și nu ar fi fost timp pentru evoluția biologică.
4. *Q: măsoară cât de strâns sunt legate între ele structuri precum stelele, galaxiile, roiurile de galaxii și superroiurile.*
   Este raportul dintre două energii: energia necesară pentru a sparge și a dispersa aceste structuri cosmice în comparație cu energia totală a

[i]) Vezi pagina 52.

masei lor de repaus, calculată prin formula $E = mc^2$. A fost estimată la aproximativ 10^{-5} sau 0,00001. Dacă Q ar fi fost și mai mic, universul ar fi inert și lipsit de structură. Dacă Q ar fi fost mult mai mare, stelele și sistemele solare n-ar fi supraviețuit: universul ar fi dominat de găuri negre.

5. *Epsilon (ε): măsoară cât de puternic sunt legate între ele nucleele de heliu.*
   Reacția nucleară în lanț esențială pentru crearea tuturor elementelor și pentru energia stelelor este fuziunea a doi protoni (nuclee de hidrogen) și a doi neutroni într-un nucleu de heliu.[i] Masa unui nucleu de heliu este cu 0,7% mai mică decât suma maselor componentelor sale. Conversia a 0,7% din masă în energie, în special căldură, conform ecuației $E = mc^2$, măsoară forța care leagă la un loc părțile componente ale nucleului de heliu, contrabalansând forța electrică repulsivă reciprocă a celor doi protoni încărcați pozitiv.

   Dacă acest factor de conversie ar fi fost mai mic, să zicem 0,006, prima etapă a reacției în lanț, legarea unui proton de un neutron, nu ar avea loc, deci nu s-ar mai produce heliu, iar universul ar fi format numai din hidrogen. Dacă ar fi mai mare, de exemplu 0,008, doi protoni s-ar lega direct, imediat, pentru a crea heliu și nu ar mai rămâne hidrogen care să reprezinte combustibilul stelelor obișnuite sau să permită apoi sintetizarea moleculelor esențiale pentru viață, cum este apa.

6. *D: numărul de dimensiuni spațiale ale universului.*
   În univers există trei dimensiuni spațiale (plus o dimensiune temporală). În opinia lui Rees, o consecință ar fi că forțe precum electricitatea sau gravitația, respectă legea inversului pătratului: dacă se dublează distanța dintre mase sau particule încărcate electric, forța dintre ele devine de patru ori mai slabă; dacă triplăm distanța, forța devine de nouă ori mai slabă ș.a.m.d. Asta permite, de exemplu, o relație echilibrată între mișcarea centrifugă a unei planete și atracția centripetă exercitată de gravitația soarelui său, permițând astfel o orbită stabilă. Dacă ar fi existat patru dimensiuni spațiale, forțele ar respecta o lege a inversului cubului, iar structurile ar deveni instabile: dacă o planetă care orbitează ar fi încetinită fie și numai puțin, s-ar prăbuși asupra soarelui său; dacă ar fi accelerată fie și numai puțin, ar porni în spațiu pe o traiectorie în spirală. Dacă ar fi existat mai puțin de trei dimensiuni spațiale, n-ar mai putea să existe structuri complexe.[8]

   John Barrow și Frank Tipler susțin că există și alți parametri pe lângă cei șase ai lui Rees, care sunt necesari pentru evoluția oamenilor. Mă voi ocupa de problema „universului antropic“ la momentul potrivit al acestei cercetări. Aici nu fac decât să examinez rezonabili-

[i]) Vezi capitolul 9 pentru o explicație mai detaliată.

tatea conjecturilor cosmologice pentru a răspunde la întrebarea cum și de ce universul a luat forma pe care a luat-o, în contrast cu credințele că Dumnezeu sau un zeu l-a creat așa.

Explicația multiversului

Conjectura favorizată de Rees și de majoritatea cosmologilor este explicația multiversului. La prima vedere, este o conjectură absolut rezonabilă. Un prezumtiv multivers neagă caracterul unic al universului în care trăim aplicând cosmosului probabilitatea. Afirmația sa fundamentală spune că totul este posibil și, astfel, într-un cosmos care constă într-un număr inimaginabil, poate chiar într-o infinitate, de universuri, fiecare având proprietăți diferite, este extrem de probabil să existe un univers cu proprietățile universului nostru. Pur și simplu se întâmplă să trăim în acest univers.

La o privire mai atentă, apar totuși câteva probleme. Prima dintre acestea se referă la natura multiversului. Există aproape la fel de multe tipuri de prezumtive multiversuri câte prezumtive universuri există într-un multivers. Pot fi grupate în patru categorii principale.

1. *Multiversul cuantic*

   Această interpretare a teoriei cuantice, care intră în conflict cu interpretarea standard (sau interpretarea Copenhaga)[i], a fost propusă în 1957 de Hugh Everett. Conform acestei interpretări, toate rezultatele posibile ale fiecărui eveniment care se petrece la nivel cuantic creează universuri alternative care există în paralel, ca versiuni alternative de realitate deconectate unele de altele, pe altă ramură cuantică din spațiul infinit dimensional. Versiunea inițială a acestei conjecturi sugerează că asemenea universuri există cu același număr de dimensiuni spațio-temporale ca al nostru și că sunt descrise de aceleași legi ale fizicii, cu aceleași constante; doar rezultatele fiecărui eveniment sunt diferite. De exemplu, o întreagă serie de rezultate ale unor evenimente la nivelul subatomic al unei femei duce la rezultate diferite la nivel macro ale întrebării „vrei să te măriți cu mine?“ venite din partea unui bărbat. Printre altele, se va produce un univers în care ea se mărită cu el și un altul în care nu se mărită cu el. Versiuni ulterioare sugerează că legile fizicii sunt diferite în aceste ramuri cuantice alternative ale realității.

   Este discutabil dacă această conjectură a multiversului cuantic are concordanță internă. Logic ar fi să producă un univers în care Everett însuși construiește această conjectură și crede în ea și un alt univers în care nu se întâmplă așa. În plus, a invoca un număr inimaginabil

[i]) Vezi pagina 120.

de universuri pentru a-l explica pe cel pe care-l percepem nu pare să satisfacă principiul parcimoniei[i], ceea ce e valabil pentru toate conjecturile multiversului. Pretenția concordanței externe cu remarcabilul succes empiric al teoriei cuantice în explicarea fundamentelor subatomice ale chimiei este seducătoare, dar ce înseamnă în realitate ecuațiile și principiile teoriei cuantice și dacă pot fi extrapolate de la nivel subatomic la scara reală a universului sunt întrebări la care cele mai bune minți din fizică și filozofie n-au reușit încă să răspundă.

2. *Multiversul cosmologic slab*

Aceste multiversuri au fost concepute de cosmologii ortodocși pentru a da seama de reglajul fin al parametrilor fizici esențiali în crearea mediului fizico-chimic în care viața umană să poată evolua așa cum a evoluat în universul nostru, așa-numitul „univers antropic". Cele mai multe astfel de conjecturi sugerează că celelalte universuri fie au o durată de viață foarte mică, fie există în același spațiu tridimensional cu universul nostru, dar sunt departe, dincolo de orizontul nostru de contact. (Prin contrast, într-un multivers cuantic nu există distanțe fizice care să separe universurile de pe ramuri cuantice paralele.)

Am numit „slab" acest tip de multivers pentru că se presupune că variază doar valoarea constantelor sau a parametrilor fizici – precum sarcina unui electron sau valoarea constantei gravitaționale; susținătorii lui nu explică de ce, într-un multivers în care se poate întâmpla orice, variază numai constantele, în vreme ce legile fizicii rămân aceleași. A presupune că legile fizicii pe care le observăm într-o parte minusculă a unui univers sunt aceleași ca în alte universuri, despre care nu știm nimic, este nerezonabil.

Spre deosebire de alte versiuni, conjectura propusă de Smolin, a unui multivers care a evoluat prin selecția naturală a găurilor negre, necesită concordanță externă cu alte teorii științifice, întrucât selecția naturală operează în biologie. De întrebarea dacă în evoluția biologică selecția naturală a fost dovedită în sens științific mă voi ocupa în partea a doua, dar pare că răspunsul e da. Totuși, și această conjectură depinde de o serie de supoziții discutabile, dintre care cel puțin trei sunt nerezonabile, cum am văzut în capitolul 5.[ii]

3. *Multiversul cosmologic moderat*

Ideile cuprinse în această categorie permit variația unor factori diferiți de constantele fizice. Un exemplu se referă la universurile cu diferite

[i]) Cum rezultatele tuturor evenimentelor cuantice de la începutul universului sunt în număr inimaginabil de mare, Paul Davies a spus despre această conjectură că este „săracă în supoziții, dar bogată în universuri".

[ii]) Vezi pagina 82.

dimensiuni. Conjecturile corzilor speculează că universul tridimensional pe care-l percepem este parte a unui megavers cu 11 dimensiuni (acest număr a variat în trecut și se poate schimba în viitor).[i]

Un alt exemplu provine din peisajul posibilităților propus de conjecturile corzilor, în care toate megaversurile posibile au constante, legi ale fizicii și număr de dimensiuni diferite.[ii]

Chiar dacă permit mai multă variație decât versiunea „slabă", aceste conjecturi nu permit universuri care să nu fie descrise de „teoria" corzilor și nu explică de ce se întâmplă asta.

În plus, după cum am văzut în secțiunea numită „Probleme ale teoriei corzilor"[iii], în vreme ce fiecare teorie a corzilor are concordanță internă, Smolin face o demonstrație convingătoare a lipsei de concordanță externă cu dovezile și conchide că „toate versiunile pe care le putem studia suficient de detaliat intră în contradicție cu observațiile"[9]. De asemenea, susține că nu sunt în concordanță externă cu ceea ce afirmă teoria relativității: „Descoperirea lui Einstein că geometria spațiului și timpului e dinamică nu a fost încorporată în teoria corzilor."[10]

Fără mai multe rezultate pozitive la aceste teste de rezonabilitate științifică (diferită de cea matematică) pentru conjecturi, este greu de văzut în ce mod prezumtiva existență a altor dimensiuni poate fi susținută cu mai multă îndreptățire decât credința multor școli de filozofie budistă conform căreia există treizeci și unu de tărâmuri.[11] Mai mult, ideea până acum netestabilă că materia universului nu se reduce la particule elementare, ci la corzi de energie nu pare nici mai rezonabilă, nici mai puțin rezonabilă decât perspectiva upanișadică conform căreia *prana* (energia vitală) este substratul esențial al tuturor formelor de energie și, potrivit multor interpretări, al întregii materii.[iv]

4. *Multiversul cosmologic tare*

Această variantă duce conjectura la concluzia sa logică: universuri în care totul este posibil.

Tegmark este un susținător entuziast al acestei perspective, vorbind despre un multivers de nivel IV „în care nu mai este nevoie să specificăm nimic"[12].

Folosind o abordare platoniciană, el consideră că o structură matematică satisface un criteriu central al existenței obiective pentru că

---

[i]) Vezi paginile 91 și 100.
[ii]) Vezi pagina 98.
[iii]) Vezi pagina 99.
[iv]) Vezi glosarul pentru o definiție completă.

este la fel indiferent cine o studiază: o „teoremă rămâne adevărată indiferent dacă este demonstrată de un om, de un computer sau de un delfin inteligent".

Mergând mai departe, spune că „toate structurile matematice există și fizic. Fiecare structură matematică corespunde unui univers paralel. Elementele acestui multivers nu se găsesc în același spațiu, ci există în afara spațiului și timpului". Totuși, nu reușește să explice sau să sugereze cum au apărut aceste structuri matematice.

Tegmark recunoaște că nici o structură matematică cunoscută nu corespunde exact universului nostru și conchide că fie vom găsi una, fie „ne vom ciocni de o limită a eficienței nerezonabile a matematicii" și va trebui să abandonăm acest nivel.

El susține însă că noțiunea de multivers trece testul parcimoniei. Dimpotrivă, afirmă că argumentul conform căruia natura nu este atât de risipitoare încât să se manifeste într-o infinitate de lumi diferite pe care nu putem niciodată să le observăm poate fi transformat într-un argument *în favoarea* multiversului, pentru că întregul ansamblu este adesea mai simplu decât oricare dintre părțile lui. De exemplu, setul complet de soluții ale ecuațiilor lui Einstein este mai simplu decât o anume soluție. „În acest sens, multiversurile de nivel mai înalt sunt mai simple." Din moment ce „multiversul de nivel IV elimină nevoia de a specifica orice [...], multiversul n-ar putea fi mai simplu."

Cred că se poate răspunde că, dacă nu specificăm nimic, multiversul n-ar putea fi mai lipsit de sens.

De asemenea, aceeași lipsă de specificitate înseamnă că este imposibil de demonstrat orice concordanță externă semnificativă cu dovezile sau cu alte teorii științifice.

În plus, Tegmark nu ne oferă nici un motiv să ne oprim la structurile matematice. Dacă orice este posibil, asta înseamnă că un univers posibil are proprietăți care sunt determinate nu de o structură matematică, ci de Dumnezeu, astfel încât evoluția unor ființe umane ca noi este un rezultat necesar. Dar acesta ar fi exact universul antropic apărut în urma unui plan divin pe care susținătorii multiversului încearcă să-l contrazică.

CONCLUZII

Nici știința, nici raționamentele nu oferă o explicație credibilă a originii și formei universului și, implicit, nici a originii materiei și energiei din care suntem formați. Cred că nici una, nici cealaltă nu au capacitatea de a oferi această explicație. În viziunea lui Ellis, capacitatea științei de a răspunde la

întrebări esențiale este limitată. Dovezile pe care le-am discutat până acum în această cercetare susțin „concluzia profundă că certitudinea este imposibil de atins în privința fundamentelor înțelegerii în toate ariile vieții, incluzând aici fizica fundamentală, cosmologia, precum și filozofia și aparent inexpugnabilul bastion al matematicii.“[13] Aceasta nu este o declarație de disperare sau de pesimism. Dacă acceptăm limitările științei și ale raționamentelor umane, „putem obține o cunoaștere satisfăcătoare și chiar profundă a universului și a modului în care funcționează, o cunoaștere privită mereu ca provizorie, dar care totuși oferă o perspectivă satisfăcătoare asupra lumii și un temei pentru acțiune.“

Să sperăm că știința va dobândi o mai mare putere explicativă odată ce vom trece de la apariția materiei la evoluția ei.

CAPITOLUL 8

Evoluția materiei la scară mare

> Trebuie să explicăm de ce universul este atât de uniform la scară mare și în același timp trebuie să identificăm un mecanism care produce galaxii. —Andrei Linde, 2001

> Oricât ar fi de impresionantă o teorie cosmologică, tot trebuie să se potrivească cu ceea ce vedem pe cer.
> —Michael Rowan-Robinson, 1991

După cum am văzut, actualul model cosmologic ortodox și celelalte modele concurente sunt mai degrabă conjecturi decât teorii științifice bazate pe dovezi. Voi examina acum explicațiile științei cu privire la felul în care materia a evoluat din starea sa primordială în forme mai complexe printre care ulterior s-au numărat și oamenii.

evoluție Un proces de schimbare prin care trece un anumit lucru, mai ales de la o stare simplă la una mai complexă.

Folosesc acest înțeles pentru că vreau să fie limpede că evoluția nu se reduce la evoluția biologică, ci este un fenomen observabil în întreg universul.

Pentru că evoluția materiei depinde în mod critic de felul în care interacționează diferitele elemente ale materiei, voi trece întâi în revistă accepțiunile curente ale științei cu privire la cele patru tipuri fundamentale de interacțiuni la care se reduc toate forțele naturale cunoscute. Apoi, voi prezenta explicația pe care o dă cosmologia ortodoxă actuală pentru evoluția materiei la scară mare, încercând să fac distincția dintre conjectură și ipoteză, pe de o parte, și teoria susținută de dovezi serioase, pe de altă parte, și să iau în considerare criticile rezonabile și explicațiile științifice alternative, acolo unde este cazul. În următorul capitol, voi examina fenomenul paralel și înrudit al evoluției materiei la scară mică.

FORȚELE FUNDAMENTALE ALE NATURII

Subhash Kak, în prezent Profesor Regents și șeful departamentului de știință computațională de la Universitatea de Stat din Oklahoma, susține că gravitația a fost înțeleasă și în India antică.[1] Filozofii din secolul al IV-lea î.Hr.,

în frunte cu Aristotel, au făcut speculații despre forța care face planetele să se miște și despre forța care face obiectele să cadă pe Pământ. Cu toate acestea, lui Isaac Newton i se atribuie în general prima formulare a unei legi a *gravitației* universale, care se aplică atât forței prin care obiectele sunt atrase spre Pământ, cât și forței care ține Luna și planetele pe orbitele lor, lege pe care a publicat-o în 1687 în *Principia Mathematica.*

Forța magnetică era cunoscută cel puțin din secolul al V-lea î.Hr., electricitatea statică pare să fi fost pomenită de Thales pe la anul 600 î.Hr., iar curenții electrici au fost descoperiți în 1747 de William Watson. Înțelegerea faptului că forța electrică și cea magnetică erau de fapt una și aceeași a început în 1820, când Hans Ørsted a descoperit că toți curenții electrici produc câmpuri magnetice, iar în 1831 Michael Faraday a demonstrat că o un câmp magnetic în schimbare induce un curent electric. Între 1856 și 1873, James Clerk Maxwell a dezvoltat teoria câmpului electromagnetic pornind de la o bază matematică, a formulat legile *electromagnetismului* și a descoperit natura electromagnetică a luminii.

După descoperirea neutronului în 1932, Hideki Yukawa a propus, în 1935, ideea că există o forță care se manifestă între nucleoni[i] și care ia forma unui schimb de particule masive numite bosoni. Ideea avea să fie dezvoltată la sfârșitul anilor '70, când specialiștii în fizica particulelor au ajuns la concluzia că niște particule numite cuarci, și nu nucleonii, sunt particulele fundamentale și că interacțiunea lor – *forța tare* – constituie o forță fundamentală a naturii; astfel, forța nucleară a ajuns să fie privită ca o forță „reziduală" a forței tari.

Henri Becquerel a descoperit „razele uranice" în 1896, dar asta se întâmpla cu zeci de ani înainte ca oamenii de știință să înțeleagă diversele procese ale dezintegrării radioactive prin care un nucleu atomic instabil pierde energie emițând radiație sub formă de particule sau de unde electromagnetice. *Forța slabă*, responsabilă pentru un anume tip de dezintegrare radioactivă, a fost caracterizată corect pentru prima dată în 1956, de către Chen Ning Yang și Tsung Dao Lee, care au prezis că legea conservării parității[ii] – considerată până atunci universală – nu se va mai aplica în interacțiunile slabe. Ipoteza lor a fost confirmată experimental după un an, de către Chien-Shiung Wu.

Cele patru forțe fundamentale care acționează între particulele elementare, din care, prezumtiv, se compune întreaga materie, sunt numite azi

---

[i]) Nucleon este denumirea colectivă pentru protoni și neutroni, particulele care alcătuiesc nucleul atomic.

[ii]) Această lege susține că simetria se păstrează la nivel subatomic: dacă are loc o reacție sau o dezintegrare, același lucru se va întâmpla cu imaginea ei simetrică, la aceeași frecvență.

cele patru interacțiuni fundamentale. Actuala accepțiune științifică cu privire la aceste interacțiuni poate fi rezumată după cum urmează.

Interacțiunea gravitațională

În fizica newtoniană, forța gravitațională este o forță instantanee de interacțiune între toate particulele care au masă nenulă. Dintre cele patru interacțiuni fundamentale, este singura universală. Raza sa de acțiune este infinită, se manifestă întotdeauna prin atracție, iar intensitatea ei se obține din produsul maselor împărțit la pătratul distanței dintre centrele de masă ale particulelor și apoi înmulțit cu o constantă universală, G, numită constanta gravitațională a lui Newton.

Expresia ei matematică este următoarea:

$$F = \frac{G\, m_1 m_2}{r^2}$$

unde F este forța gravitațională, m_1 și m_2 sunt masele, r este distanța dintre centrele de masă, iar constanta G este un număr extrem de mic, $6{,}67 \times 10^{-11}$ metri^3 (kilogram-secundă^2)$^{-1}$.

Fizicienii și inginerii folosesc încă această ecuație, deoarece e în perfect acord cu datele, pentru majoritatea maselor și vitezelor cu care avem de-a face. Este folosită, de exemplu, pentru a calcula traiectoriile sondelor spațiale. Actuala teorie științifică o consideră totuși doar o bună aproximare. Teoria relativității generale a lui Einstein a schimbat conceptul de gravitație: nu este o forță de interacțiune între mase, ci o deformare a spațiului-timp cauzată de masă; prin urmare, nu este instantanee.[i]

Conform teoriei câmpului cuantic, câmpul gravitațional creat de o masă ar trebui cuantificat, adică energia sa ar trebui să apară în cuante discrete, numite gravitoni, la fel cum energia luminii apare în cuante discrete numite fotoni, dar această teorie nu se aplică la energii foarte mari (prin urmare, la lungimi de undă foarte mici).

Masele accelerate ar trebui să emită unde gravitaționale – care sunt câmpuri gravitaționale ce se propagă –, la fel cum sarcinile electrice accelerate emit unde electromagnetice. În 2014, o echipă de oameni de știință care a făcut cercetări cu ajutorul telescopului BICEP2 de lângă Polul Sud a susținut că a detectat unde gravitaționale, deși, după aceea, afirmația a ridicat semne de întrebare.[ii] Un pulsar binar furnizează dovezi indirecte. Spre deosebire de fotoni, existența gravitonilor nu a fost încă dovedită.

---

[i]) Vezi ilustrația de la pagina 47.

[ii]) Vezi pagina 63.

Interacțiunea electromagnetică

Interacțiunea electromagnetică este asociată cu câmpurile magnetice și electrice, care sunt manifestări ale unui unic câmp electromagnetic. Ea guvernează interacțiunile dintre două particule încărcate electric, de exemplu un proton și un electron, și este responsabilă pentru interacțiunile chimice și pentru propagarea luminii.

La fel ca interacțiunea gravitațională, are o rază de acțiune infinită, iar intensitatea ei este invers proporțională cu pătratul distanței dintre particule; spre deosebire de interacțiunea gravitațională, poate fi atât atractivă, când cele două sarcini electrice sunt diferite (una pozitivă, una negativă), cât și repulsivă, când cele două sarcini sunt de același fel (amândouă pozitive sau amândouă negative). Interacțiunea electromagnetică dintre atomi este de 10^{36} de ori mai puternică decât interacțiunea lor gravitațională, adică este de un milion de miliarde de miliarde de miliarde de miliarde de ori mai puternică.

Conform modelului standard din fizica particulelor, această interacțiune operează prin schimbul unei particule mesager sau purtătoare – fotonul, care nu are masă – între particulele încărcate electric. Fotonul este o cuantă de energie electromagnetică, care are atât proprietăți de particulă, cât și proprietăți de undă și o durată de viață indefinită. Existența ei este dovedită de efectul fotoelectric, prin care, sub acțiunea luminii, metalele emit electroni, într-un fel care nu poate fi explicat cu ajutorul fizicii clasice, dar se explică prin teoria fotonică a lui Einstein.

La scara atomilor sau moleculelor, interacțiunea electromagnetică este dominantă, ținând atomii la un loc. Un atom de hidrogen este format dintr-un proton încărcat pozitiv și un electron încărcat negativ care se menține pe orbită în jurul lui datorită forței de atracție dintre ei. Atunci când doi atomi de hidrogen sunt menținuți laolaltă într-o moleculă, forța electrică repulsivă a celor doi protoni este contrabalansată de forța de atracție a celor doi electroni care orbitează, molecula fiind astfel neutră și stabilă.

Conform teoriei cuantice, întrucât electronii manifestă atât proprietăți de undă, cât și proprietăți de particulă, ei nu orbitează în jurul nucleului încărcat pozitiv într-un singur plan, așa cum Pământul orbitează în jurul Soarelui; au mai degrabă niște orbite în formă de cochilie. Asta înseamnă că sarcina negativă se răspândește în afara atomului sau moleculei. În consecință, atunci când două molecule aflate în mișcare se ciocnesc, forța de respingere dintre cele două cochilii încărcate negativ face ca moleculele să ricoșeze una din alta. Pentru că această interacțiune electromagnetică este de 10^{36} de ori mai puternică decât interacțiunea gravitațională dintre molecule, interacțiunea gravitațională poate fi ignorată la nivel atomic și molecular.

Ca exemplu, să spunem că dacă săriți de pe Empire State Building interacțiunea gravitațională cu centrul Pământului vă va face să accelerați către acesta. Totuși, nu veți ajunge acolo, deoarece cochilia încărcată negativ a electronilor din jurul moleculelor din stratul exterior al corpului este respinsă de cochilia încărcată negativ a electronilor din stratul exterior al pavajului: în urma căderii veți fi strivit.

Gravitația este, totuși, interacțiunea dominantă a maselor mari, de dimensiune planetară. Motivul este acela că gravitația este întotdeauna atractivă: dacă se dublează masa, se dublează și atracția gravitațională pe care o exercită. Dar forța maximă pe care pot s-o exercite două sarcini electrice de același fel, ambele pozitive sau ambele negative, este egală cu dublul forței oricăreia din ele. Un corp masiv, precum Pământul, conține sarcini pozitive și negative în cantități aproape egale. Astfel, interacțiunile atractive și repulsive dintre particule aproape că se anulează reciproc, astfel că interacțiunea electromagnetică netă este foarte redusă. La scara unei planete mici (inclusiv Luna noastră neobișnuit de mare), gravitația sa preia din electromagnetism și este responsabilă pentru forma sa sferică.

Interacțiunea tare

Se consideră că interacțiunea tare este forța care ține cuarcii laolaltă pentru a forma protoni, neutroni și alți hadroni și care leagă protonii și neutronii pentru a forma nucleul unui atom, învingând astfel forța electrică repulsivă a protonilor încărcați pozitiv. Putem spune deci că este interacțiunea responsabilă pentru stabilitatea materiei.

Raza ei de acțiune este aproximativ cât diametrul unui nucleu atomic, iar la această scară intensitatea ei este de circa 100 de ori mai mare decât cea a interacțiunii electromagnetice. Dacă ar fi mai intensă, nucleele ar fi greu de separat și atunci nu ar mai exista reacții nucleare în lanț în interiorul stelelor și nici n-ar mai fi produse elemente mai grele ca litiul. Dacă ar fi mai slabă, nici un nucleu atomic cu mai mult de un proton nu ar mai fi stabil și nu s-ar mai forma alte elemente în afara hidrogenului. Dacă ar acționa asupra electronilor, i-ar trage în nucleu și n-ar mai fi posibile nici o moleculă și nici o chimie. Dacă ar avea o rază de acțiune infinită, precum gravitația și electromagnetismul, ar atrage laolaltă toți protonii și neutronii din univers, într-un meganucleu unic.

Conform modelului standard din fizica particulelor, această interacțiune operează prin schimbul unui gluon lipsit de masă – o particulă mesager sau intermediară – între cuarcii din care, prezumtiv, sunt formați protonii și neutronii. Nu au fost observați până acum gluoni liberi, despre care se crede că sunt de opt tipuri. Existența lor a fost dedusă în 1979 pe

baza ciocnirilor electron-pozitron de la acceleratorul de particule DESY din Hamburg.

Interacțiunea slabă

Interacțiunea slabă este forța fundamentală dintre particulele elementare de materie care joacă un rol important în transformarea particulelor în alte particule, de exemplu printr-un anume tip de dezintegrare radioactivă. Este responsabilă pentru transformarea unui electron și a unui proton într-un neutron și un neutrino, un stadiu esențial în reacțiile nucleare din interiorul stelelor.

Este interacțiunea dintre particulele elementare de spin ½, precum neutrinii, dar nu și între particulele de spin 0, 1 sau 2, precum fotonii. Este cu câteva ordine de mărime mai slabă decât interacțiunea electromagnetică și cu mult mai slabă decât interacțiunea nucleară tare, raza ei de acțiune fiind de aproximativ o miime din diametrul nucleului atomic.

Conform modelului standard din fizica particulelor, operează prin schimbul unor particule mesager – bosonii W^+ și W^-, cu sarcină puternică, și bosonii Z, neutri. Aceste particule au fost detectate în 1983, la acceleratorul de particule CERN de la Geneva.

Din moment ce două dintre aceste interacțiuni au fost descoperite și confirmate doar în ultimii optzeci de ani, ar fi lipsit de înțelepciune să credem că nu vor mai fi descoperite în viitor și alte forțe și interacțiuni. Există deja cercetători care susțin că au descoperit una sau mai multe forțe în studiile privind conștiința umană. Voi examina toate afirmațiile rezonabile de acest tip atunci când va veni momentul, dar ele nu au legătură cu explicația cosmologică pentru evoluției materiei.

EVOLUȚIA MATERIEI CONFORM COSMOLOGIEI ORTODOXE ACTUALE

Dacă recapitulăm ipotezele și conjecturile discutate până acum și adăugăm informații din alte surse, vom vedea cum a evoluat explicația cosmologiei ortodoxe actuale cu privire la evoluția materiei.

Big Bangul fierbinte

Timp: 0; Temperatură: infinită? Raza universului: 0

Universul, cu spațiul, timpul și o singură forță a naturii, irupe din nimic sub forma unui punct de foc format din radiație, în urma Big Bangului fierbinte.

Cu toate acestea, extrapolând înapoi expansiunea universului folosind teoria relativității generale, vom ajunge la o singularitate, un punct de

temperatură și densitate infinite, în cazul căruia teoria relativității nu mai este valabilă. Principiul indeterminării din teoria cuantică spune că nu se poate face nici o afirmație cu sens despre ce s-a întâmplat înainte de 10^{-43} de secunde de la începutul timpului.[i] O asemenea extrapolare a fizicii cunoscute la momentul $t = 0$ nu este demnă de încredere.[ii] Această explicație pentru originea materiei este o conjectură.

Timp: 10^{-43}; Temperatură: 10^{32} K; Raza universului: 10^{-33} cm

Raza universului este cea mai scurtă distanță parcursă cu viteza luminii pentru care se poate aplica teoria cuantică (lungimea Planck[iii]). Forța gravitațională se separă de forța universală, lăsând în urmă o mare forță unificată.

Universul se extinde rapid, dar rata sa de expansiune se reduce. Pe măsură ce se extinde și se răcește, radiația creată de Big Bang produce particule și antiparticule elementare care se anihilează reciproc și se preschimbă în radiație. Universul în expansiune este, astfel, un fel de supă încinsă care emite energie de radiație sub formă de fotoni și, în proporții mult mai mici, electroni, cuarci, gluoni și alte particule elementare, plus antiparticulele corespunzătoare, toate prevăzute de modelul standard al fizicii particulelor.

Cuarcii (și gluonii despre care se presupune că sunt particulele mesageri ale forței tari dintre ei) nu au fost detectați niciodată. Existența lor a fost dedusă în anii '60 din tiparele de împrăștiere detectate prin bombardamentul cu electroni asupra unor nuclee atomice în experimentele de la Stanford Linear Accelerator Center. Pentru a explica de ce nu au fost niciodată detectați cuarci individuali, specialiștii în fizica particulelor au presupus ulterior că sunt prinși în interiorul barionilor (câte trei cuarci) și mezonilor (un cuarc și un anticuarc). Dacă energia se folosește pentru extragerea unui cuarc dintr-un barion, se va transforma într-o pereche cuarc-anticuarc.[2]

Speculația că gravitația se desprinde dintr-o singură forță universală se bazează pe conjecturi pentru o teorie a tuturor lucrurilor (TT), care extrapolează înapoi în timp de o sută de milioane de ori mai mult plecând de la ideea ruperii simetriei din marile teorii unificate (MTU) ale fizicii particulelor (vezi mai jos), care sunt ele însele problematice. Ipoteza nu este susținută până în acest moment de vreo dovadă, prin urmare este o conjectură.

Timp: 10^{-35} secunde; Temperatură: 10^{27} K; Raza universului: 10^{-17} cm

Conform marilor teorii unificate, pe măsură ce universul în expansiune se răcește până la temperaturi mai mici de 10^{27} K (un miliard de miliarde de

[i]) Vezi pagina 56.
[ii]) Vezi pagina 61.
[iii]) Vezi glosarul pentru definiție.

miliarde de grade), radiația nu mai produce prezumtivele particule mesageri care simt atât forța slabă, cât și forța tare.

Aceste particule se dezintegrează și astfel forța tare – care leagă cuarcii și, implicit, neutronii și protonii – și forța electroslabă se desprind din marea forță unificată. Această fază de tranziție duce la separarea particulelor elementare relativ mari – cuarci încărcați pozitiv și anticuarci încărcați negativ – de leptonii relativ mici – particule care includ electroni încărcați negativ și neutrini, care sunt neutri. Conjectura sugerează că ruperea simetriei în urma acestui eveniment explică aparenta absență a antimateriei din univers.[i] Modelul standard al fizicii particulelor sugerează că la temperaturi mai mari 10^{15} K toate aceste particule materiale elementare – cuarci, leptoni și particulele corespunzătoare de antimaterie – sunt lipsite de masă.

Modelul inițial și cel mai simplu al MTU, propus în 1974 de Howard Georgi și Sheldon Glashow, cunoscut și ca SU(5), este elegant din punct de vedere matematic, este logic și oferă o predicție precisă cu privire la dezintegrarea protonilor. Totuși, în mai bine de douăzeci și cinci de ani de experimente riguroase nu s-a detectat vreo dovadă a dezintegrării protonilor, care, statistic, ar fi trebuit să se producă. De aceea, SU(5) a fost considerat incorect. S-au dezvoltat alte MTU, care au adăugat alte simetrii și alte particule, prin urmare mai multe constante care trebuiau ajustate, permițând astfel ca rata de dezintegrare a protonilor să se modifice astfel încât teoreticienii „să poată face teoria imună la eșecul experimental", cum a spus fizicianul teoretician Lee Smolin. Aceste MTU „au încetat să mai explice ceva"[3]. Ele sunt conjecturi.

În câteva modele, inflația fie începe, fie se sfârșește în această prezumtivă fază de tranziție. Conjecturile favorizate în prezent speculează că inflația începe și apoi se sfârșește într-un Big Bang fierbinte înainte ca universul să se răcească până la 10^{27} K, când forța tare și forța electroslabă se separă.[ii] Ne aflăm încă pe tărâmul conjecturilor.

Timp: undeva între 0 și 10^{-11} secunde; Temperatură: ?; Raza universului: crește prin inflație până la o valoare între 10^{10} cm și $(10^{10})^{12}$ cm

În funcție de versiunea conjecturii inflației pe care o alegem, dintre sutele existente, la un moment nedeterminat din trecut, cuprins între 0 și 10^{-11} secunde după începutul spațiului-timp, universul trece printr-o inflație exponențială pentru o perioadă nedeterminată, dar extrem de mică de timp, în urma căreia raza universului crește până la o valoare între 10^{10} cm și

[i]) Vezi pagina 66.
[ii]) Vezi pagina 61.

$10^{1000000000000}$ cm.[i] (Raza universului observabil actual este estimată la 10^{28} cm.) Această uriașă discrepanță între cele două valori estimate ale razei provine nu doar din estimările diferite ale perioadei de inflație, ci și din estimările diferite ale razei inițiale, unele versiuni presupunând că era considerabil mai mică decât lungimea Planck și că inflația a început la un moment cu mult înainte de timpul Planck, 10^{-43} secunde de la începutul timpului. Aceste versiuni ridică probleme teoretice, pentru că teoria cuantică își pierde valabilitatea dincolo de limita de 10^{-43} secunde.

Cosmologii tind astăzi să susțină versiuni în care crearea universului este urmată de o inflație exponențială extrem de rapidă a unei stări de vid fals și se încheie cu reîncălzirea unei bule de vid care produce un Big Bang fierbinte, pentru ca apoi expansiunea decelerată a universului să se petreacă după modelul de mai sus.

Dacă toate acestea par neclare este pentru că majoritatea cosmologilor prezintă modelul inflaționar al Big Bangului drept singura explicație pentru evoluția universului, dar nu cad de acord cu privire la cum și când a început și s-a sfârșit inflația. Dovezile nu confirmă până acum validitatea nici uneia dintre versiuni, și cu atât mai puțin susțin o versiune în defavoarea altora.[ii]

Timp: 10^{-10}; Temperatură: 10^{15} K; Raza părții noastre de univers: 3 cm

Pe măsură ce universul se extinde, energia medie a particulelor scade până la scara tipică de energie a forței slabe, care necesită o temperatură de 10^{15} K, când se separă de forța electromagnetică.

Teoria conform căreia la temperaturi mai mari de-atât aceste două forțe sunt una și aceeași – așa-numita forță electroslabă – a fost dezvoltată în anii '60 de Sheldon Glashow, Steven Weinberg și Abdus Salam, care au împărțit Premiul Nobel. Ideea lor a căpătat sprijin experimental în 1983, când au fost descoperite trei dintre particulele pe care le prezicea, și, astfel, a devenit baza modelului standard al fizicii particulelor.

Multe dintre predicțiile teoriei electroslabe au fost testate de atunci cu mare precizie. O predicție-cheie este existența bosonului Higgs, particula mesager a cărei interacțiune cu cuarcii și leptonii conferă masă acestor particule elementare – și, implicit, tuturor particulelor cu masă nenulă din univers. În 2012, în două experimente desfășurate la Large Hadron Collider de la Geneva a fost identificată existența de foarte scurtă durată a boso-

[i]) Vezi pagina 60.
[ii]) Vezi paginile 62–64.

nului Higgs, sau poate chiar o familie de bosoni Higgs, caz în care modelul standard va trebui revizuit.[i]

Timp: 10^{-4} secunde; Temperatură: 10^{11} K;
Raza părții noastre de univers: 10^{6} cm

Universul se extinde și se răcește până la punctul în care tripletele de cuarci ajung să fie închise în interiorul unor particule denumite hadroni, dintre care protonii și neutronii stabili constituie elementele de bază ale materiei cunoscute. Protonul are o sarcină electrică egală în valoare absolută cu cea a electronului, dar pozitivă, în timp ce a electronului e negativă; masa protonului este de 1836 de ori mai mare decât masa electronului. Protonul se mai numește și ion de hidrogen.[ii] La început, numărul de protoni este egal cu numărul de neutroni; totuși, masa neutronului este puțin mai mare decât masa protonului, așa că e nevoie de mai multă energie pentru crearea unui neutron.

Timp: o secundă; Temperatură: 10^{10} K;
Raza părții noastre de univers: 10^{10} cm

Acum sunt produși mai puțini neutroni, pentru că masa lor mai mare necesită mai multă energie. Protonii și neutronii se separă într-o proporție de 7:1.

Timp: 100–210 secunde; Temperatură: 10^{9} K $\rightarrow$ 10^{8} K;
Raza părții noastre de univers: ~ 10^{12} cm

La acest punct, protonii și neutronii care se ciocnesc se amestecă, uniți de interacțiunea tare, cu eliberarea unui foton energetic; energia fotonilor care se ciocnesc cu particulele amestecate nu mai este mai mare decât energia nucleară care-i unește și astfel fotonii nu mai reușesc să-i despartă.

O pereche proton–neutron se numește nucleu de deuteriu, care este un izotop[iii] al hidrogenului. Nucleele de deuteriu fuzionează între ele și cu

---

[i]) Vezi pagina 56.

[ii]) Atomii sunt neutri din punct de vedere electric; ionii sunt atomi care fie au pierdut, fie au câștigat unul sau mai mulți electroni, astfel încât au o sarcină electrică fie pozitivă, fie negativă. Atomul de hidrogen este format dintr-un proton și un electron, astfel încât protonul singular poate fi considerat un ion pozitiv de hidrogen.

[iii]) Un element se deosebește de altele prin aceea că are un număr diferit de protoni în nucleul atomilor săi; asta îi determină activitatea chimică. Cea mai des întâlnită formă a unui element este cea care are cel mai stabil nucleu, format din protoni și neutroni. În acest caz, cea mai stabilă formă a hidrogenului nu are neutroni în nucleu. Alte forme ale unui element care au același număr de protoni, dar un număr diferit de neutroni se numesc izotopi ai acelui element. Astfel, deuteriul este un izotop al hidrogenului. Vezi glosarul pentru termenii *atom*, *element*, *izotop* și *număr atomic*.

alte produse ale fuziunii pentru a forma nuclee de heliu –3, heliu –4, tritiu și litiu –7 (vezi figura 8.1). Acest proces extrem de rapid de fuziune nucleară, desfășurat în mai multe etape, se numește nucleosinteză.

Ciocniri rare produc cantități foarte mici de nuclee de litiu –7. În afară de acestea, întrucât nu există nici un nucleu stabil cu cinci particule, nucleosinteza de la Big Bang nu produce nuclee mai mari decât heliu –4, care este format din doi protoni și doi neutroni. Acesta din urmă are de departe cea mai mare energie de legare dintre toate nucleele cu un număr de masă (număr de nucleoni) mai mic decât 5 și este principalul produs al nucleosintezei de la Big Bang.[4]

Figura 8.1 Produsele nucleosintezei de la Big Bang. Izotopii hidrogenului poartă denumiri speciale: hidrogenul –2 se numește deuteriu, iar hidrogenul –3 se numește tritiu.

Atunci când universul se extinde și se răcește până la o temperatură mai mică de o sută de milioane de grade Kelvin (10^8 K), temperatura nu mai este suficient de ridicată pentru a produce fuziunea, astfel că procesul de nucleosinteză încetează, lăsând 95% dintre nuclee ca protoni stabili (hidrogen –1), 5% ca nuclee stabile de heliu –4 și doar urme de nuclee de deuteriu, heliu –3 și litiu –7.[5]

Relativa abundență în universul actual a acestor elemente[i] este considerată o dovadă puternică a modelului Big Bangului, dar a fost contestată.[ii] Ne aflăm pe tărâmul ipotezei.

La acest moment, densitatea medie a materiei este aceeași cu densitatea de astăzi a apei.

Timp: de la 3½ minute la 380.000 de ani; Temperatură: 10^8 K → 10^4 K; Raza părții noastre de univers: 10^{13} cm →10^{23} cm

[i]) Relativa abundență este în general măsurată în funcție de masă, nu de număr: circa 75% hidrogen, 25% heliu –4 (care este de patru ori mai masiv decât hidrogenul) și urme din celelalte elemente.

[ii]) Vezi pagina 58.

Pentru următorii circa 380.000 de ani, universul care se extinde și se răcește este alcătuit dintr-o plasmă formată din aceste nuclee încărcate pozitiv și din electronii încărcați negativ cuplați cu fotoni neutri de radiație. Inițial, radiația domină, pentru că densitatea de energie a fotonilor e mult mai mare decât densitatea de energie a materiei. Totuși, pe măsură ce universul continuă să se extindă și să se răcească, densitatea de energie a materiei scade mai încet decât cea a radiației: atât densitatea fotonilor, cât și cea a particulelor de materie scad proporțional cu volumul, dar, pe când particulele de materie își păstrează masa-energie (măsurată prin $E = mc^2$), fiecare foton pierde energie extinzându-se la lungimi de undă mai mari.

Timp: 380.000 de ani; Temperatură: 3.000 K;
Raza părții noastre de univers: 10^{23} cm

Universul se răcește până în punctul în care electronii încărcați negativ sunt captați de nucleele încărcate pozitiv pentru a forma molecule de hidrogen neutre, stabile, diatomice (H2), plus urme de deuteriu (D2 și HD), laolaltă cu atomi de heliu (He) și urme de litiu (Li). Radiația electromagnetică se decuplează de materie și se împrăștie în universul care se extinde și se răcește, formând radiația cosmică de fond pe care o detectăm astăzi.[i]

Timp: Circa 200–500 de milioane de ani; Temperatură: variabilă;
Raza universului observabil = 10^{26} (1% din raza actuală)
până la 10^{27} (10% din raza actuală)

Diferențele de densitate din norul de molecule aflat în expansiune – majoritatea de hidrogen în stare gazoasă – creează câmpuri gravitaționale care încetinesc regiunile mai dense până când se separă în nori întinși pe ani-lumină care continuă să se contracte sub acțiunea propriei gravitații. În acest timp centrele lor se încălzesc prin convertirea energiei potențiale gravitaționale în energia cinetică a moleculelor, crescând astfel temperatura centrului sau a miezului; spațiul dintre nori continuă să se extindă.

La aproximativ 200–500 de milioane de ani după Big Bang, unii dintre acești nori s-au contractat atât de mult și miezul lor a devenit atât de fierbinte – circa 15 milioane de grade Kelvin –, încât se aprind prin fuziunea hidrogenului, emițând din miezul lor radiație fierbinte și strălucitoare care contrabalansează colapsul gravitațional. Astfel se formează prima generație de stele și primele galaxii capătă formă sub influența gravitațională a materiei întunecate necunoscute.

Singurele elemente din univers sunt hidrogenul, heliul și urme de litiu.

[i]) Vezi pagina 44.

Timp: între cca 500 de milioane de ani și 13,8 miliarde de ani; Temperatură: variabilă; Raza universului observabil se extinde la 13,8 miliarde de ani-lumină

Prima generație de stele mai mari își consumă hidrogenul și sunt supuse unui colaps gravitațional până la punctul în care temperatura devine suficient de mare pentru ca, prin fuziunea heliului, să se producă carbon. Procesul continuă, producând elemente tot mai grele prin colaps gravitațional și fuziune nucleară. După ce și-au consumat tot combustibilul nuclear, încât nu se mai produce suficientă radiație pentru a contrabalansa gravitația, intră în implozie și apoi explodează, devenind supernove, iar elementele mai grele sunt aruncate în spațiul interstelar. A doua și a treia generație de stele se formează din nori de hidrogen interstelar amestecat cu praf și gaz stelar de la supernove, în vreme ce evoluează în continuare, creând structurile pe care le vedem astăzi.

Această istorie ortodoxă a universului este ilustrată în Figura 4.1 (pagina 70).

STRUCTURA UNIVERSULUI

După cum am văzut în capitolul 3, supozițiile simplificatoare care au fost introduse pentru a rezolva ecuațiile de câmp ale teoriei relativității generale duc la concluzia unui univers omogen, dar observațiile arată că lucrurile nu stau așa: este format din multe structuri diferite. Voi examina acum aceste structuri mai în detaliu, încercând să arăt și cum a evoluat fiecare dintre ele.

O galaxie este formată din stele care orbitează în jurul unui centru, precum galaxia noastră, Calea Lactee, care conține în jur de 100 de miliarde de stele și are circa 100.000 de ani-lumină diametru. Văzută din profil, arată ca un ou prăjit înconjurat de peste o sută de puncte strălucitoare, care sunt roiuri globulare, noduri strâns legate de sute de mii de stele vechi (vezi Figura 8.2); bulgărele din centru conține stele vechi și, văzut de sus, discul arată ca o spirală de stele mai tinere, laolaltă cu gaz și praf (vezi Figura 8.3). Pe lângă galaxiile spirală, precum Calea Lactee, au fost observate galaxii care au alte forme, de pildă galaxii elipsoidale – despre care se crede că sunt sferoide –, sau neregulate. Dovezile indică faptul că astfel de galaxii provin din ciocnirea unor galaxii anterior separate.[6]

La următorul nivel, galaxiile formează grupuri locale, precum Grupul nostru Local, care are un diametru de câteva milioane de ani-lumină și este format din Calea Lactee, o galaxie spirală ceva mai mare, numită Andromeda, spre care ne îndreptăm, plus aproximativ 30 de galaxii mai mici. Grupul

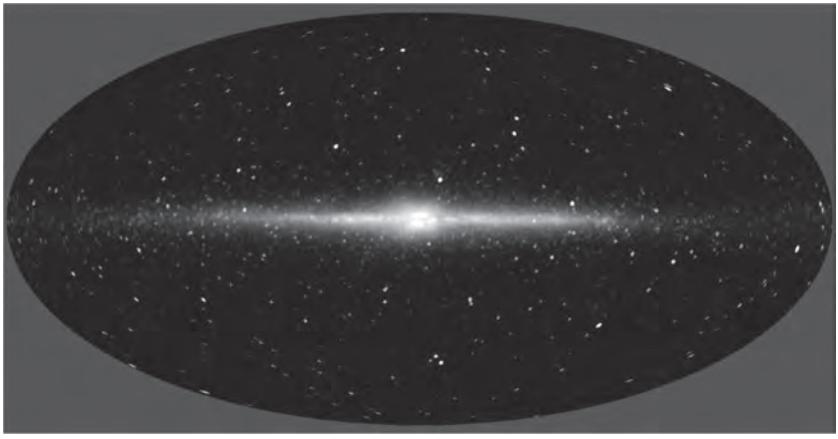


Figura 8.2 Galaxia Calea Lactee văzută dintr-o parte. Bulgărele central este format din stele vechi, cu o ipotetică gaură neagră masivă în mijlocul lui; discul este plin de stele mai tinere, gaz și praf, iar roiurile globulare și ipotetica materie întunecată înconjoară discul.

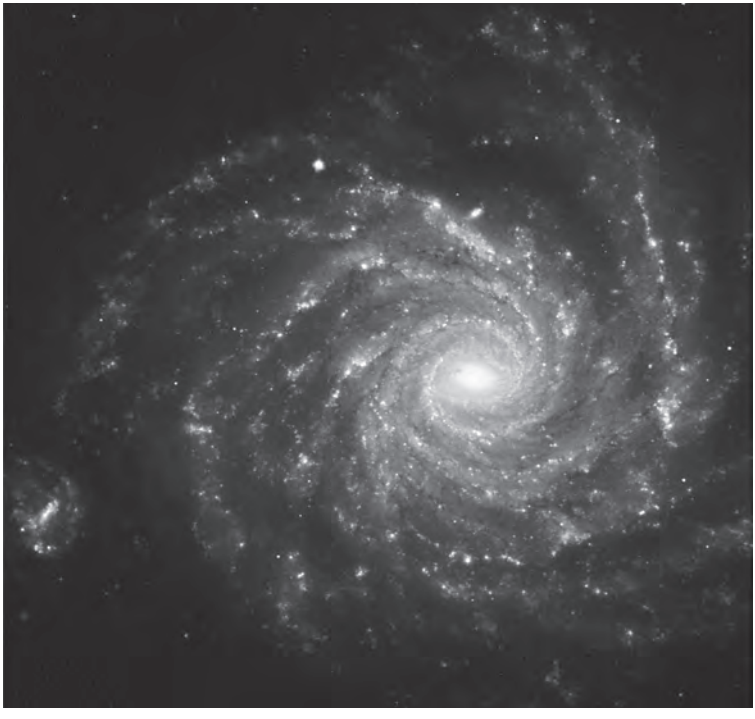


Figura 8.3 O galaxie precum Calea Lactee văzută de sus. În Calea Lactee, Soarele nostru se află în afara unuia dintre brațele spiralei, cam la jumătatea distanței dintre marginea materiei vizibile și centru, în jurul căruia se rotește cu o viteză de 220 km/s, o mișcare completă de revoluție durând circa 200 de milioane de ani.

nostru Local se află chiar lângă marginea Roiului Fecioarei, care este format din mai mult de 1000 de galaxii și al cărui centru este situat la circa 50 de milioane de ani-lumină de noi.

Așa cum am văzut în capitolul 3, în 1989 astronomii au descoperit un alt nivel al organizării: superroiuri masive, cu aspect de pânză, separate de bule mari de vid. Observațiile care au fost făcute ulterior asupra unor regiuni mai mari și mai îndepărtate ale universului cu instrumente și mai precise, au arătat existența unor superroiuri și mai mari – având până la 10 miliarde de ani-lumină în lungime –, ale căror dimensiuni sunt limitate doar de dimensiunea ariei observate.[i] Toate acestea contrazic presupunerea ortodoxă că universul este izotrop și omogen la scară mare.

CAUZELE CARE AU DUS LA STRUCTURA ACTUALĂ A UNIVERSULUI

Cosmologii explică că la baza structurii actuale a universului stă instabilitatea gravitațională. Conform acestei explicații, micile neomogenități ale materiei (în special ale moleculelor de hidrogen) din universul timpuriu creează regiuni unde materia este puțin mai densă decât în rest. Câmpul gravitațional al acestor regiuni mai dense atrage altă materie, ceea ce le face și mai dense, creând un câmp gravitațional și mai mare, care atrage și mai multă materie ș.a.m.d.

Acest scenariu sună plauzibil, dar ridică două întrebări: a) cum au apărut aceste neomogenități inițiale? și b) cum au produs aceste neomogenități structurile pe care le observăm astăzi?

Cauzele care au dus la neomogenitățile inițiale

Explicația ortodoxă era aceea că fluctuațiile cuantice subatomice ale materiei create la Big Bang sunt întinse prin inflație până la dimensiunile unor galaxii sau chiar mai mult. S-a pretins că o dovadă pentru acest fenomen sunt tiparele precise de fluctuații din radiația cosmică de fond descoperită în 1992 cu ajutorul sondei COBE.[ii]

Dacă examinăm îndeaproape această explicație, se dovedește mai puțin convingătoare decât pare la prima vedere.

În prima versiune a lui Guth, inflația se încheie cu o tranziție de fază de ordinul întâi, când bulele de vid formate aleatoriu s-au ciocnit. Guth a presupus că acest fenomen duce la neomogenitățile cerute, dar când s-au făcut calculele s-a observat că neomogenitățile obținute astfel erau mult prea mari.

---

[i]) Vezi pagina 55.

[ii]) Vezi pagina 113.

În cea de-a doua versiune, s-a presupus că întregul univers observat se află undeva adânc în interiorul unei singure bule, astfel încât orice ciocnire între bule se întâmplă prea departe pentru a avea efecte observabile. Inflația ar produce un univers neted, chiar dacă materia ar fi fost plină de neomogenități la început. Dar asta nu explică *originea* acestor neomogenități.

O soluție a fost obținută prin colaborarea dintre Guth, Steinhardt, Hawking și alții care foloseau marile teorii unificate. Conform acestui scenariu, inflația se termină cu spontana rupere a simetriei câmpului universal Higgs, prezumtivul câmp scalar de energie mediat de bosonul Higgs, care conferă masă particulelor elementare. Guth și colaboratorii săi au presupus că spectrul perturbațiilor de densitate – neomogenități fluctuante – a luat o formă simplă, invariantă în raport cu scala, ceea ce înseamnă că fiecare lungime de undă are aceeași putere. Asta se descoperise în radiația cosmică de fond, interpretată, interpretat ca o rămășiță a decuplării radiației de materie despre care atunci se estima că s-a produs la aproximativ 300.000 de ani după Big Bang. Dar fluctuațiile din timpul decuplării erau mult prea mari pentru a produce structura pe care o observăm azi.

Erau convinși de corectitudinea ideii, dar, din moment ce câmpul universal de energie Higgs nu a oferit rezultatul potrivit, soluția lor a fost ipoteza existenței unui alt câmp scalar universal de energie, un câmp inflaționar mediat de o prezumtivă particulă numită inflaton, care a dus la rezultatul corect. După cum recunoaște Guth, „o teorie de acest fel e constrânsă de obiectivul de a obține valori corecte pentru perturbațiile de densitate“[7].

Versiunile ulterioare sugerează că fluctuațiile cuantice au apărut într-un vid preexistent și au fost extinse de câmpul inflaționar, după care s-au transformat într-o materie ușor neomogenă printr-un Big Bang fierbinte.

În 2014, Steinhardt a conchis că modelul inflaționar este atât de flexibil, încât este „fundamental netestabil și de aceea lipsit de sens din punct de vedere științific“[8]. Mai mult, după cum am văzut în capitolul 6, mai mulți cosmologi pretind că analiza fluctuațiilor detectate de WMAP, sonda spațială cu o precizie de 45 de ori mai mare decât COBE lansată un deceniu mai târziu, arată neconcordanțe semnificative cu modelul inflaționar, iar aceste afirmații au fost confirmate în 2013 de datele obținute cu ajutorul telescopului Planck care e și mai precis.[i] Alte conjecturi cosmologice încearcă de asemenea să explice fluctuațiile de densitate din RCF.[ii]

Singura concluzie rezonabilă este că pur și simplu nu știm cum au apărut aceste neomogenități inițiale și că actuala explicație ortodoxă nu e mai

[i]) Vezi pagina 116.
[ii]) Vezi pagina 113.

mult decât un model matematic care, deși pornește de la o constrângere, produce neconcordanțe cu datele observaționale.

Cauzele care au dus la structurile mari

Cât despre felul în care aceste neomogenități inițiale au produs structurile mari pe care le observăm astăzi, majoritatea cercetărilor au fost făcute la nivelul galaxiilor, folosind drept dovezi galaxia noastră și galaxiile apropiate, pentru că până de curând acestea erau principalele structuri accesibile observației.

Două seturi de modele au intrat în competiție. Modelele *top-down*, precum cel propus de Eggen, Linden-Bell și Sandage în 1962, susțin că mai întâi se formează o structură de nivel mai mare, precum un nor galactic, care apoi intră în colaps într-un interval de 100 de milioane de ani, producând nori stelari din care în cele din urmă se formează stele.[9] Modelele *bottom-up*, precum cel al lui Searle și Zinn, din 1978, susțin că întâi se formează stelele, iar acestea se agregă, prin atracție gravitațională, formând roiuri globulare, care se agregă la rându-le, formând galaxii.[10]

Datele furnizate de COBE în 1992 au arătat că ambele modele sunt inadecvate. Conform interpretării ortodoxe de atunci, ele arată că, la aproximativ 300.000 de ani după Big Bang, gradul de neomogenitate a materiei era de 1 la 100.000, o variație de densitate mult prea mică pentru ca instabilitatea gravitațională să ducă la formarea *oricărei* structuri.

Au fost propuse mai multe conjecturi pentru a explica formarea structurilor, inclusiv cea a corzilor cosmice (lungi filamente în formă de spaghete despre care unele dintre marile teorii unificate consideră că s-au format în universul foarte timpuriu, ca defecte topologice în țesătura spațiului-timp) sau a undelor de șoc produse de cuasari, care au creat regiuni cu o densitate a materiei mult mai mare. Totuși, această ultimă conjectură nu reușește să explice cum de cuasarii, mari emițători de energie, sau găurile negre masive, care, se presupune, sunt cauza apariției lor, au ajuns să se formeze.

Majoritatea cosmologilor au reînviat ideea de materie întunecată, formulată mai întâi de Fritz Zwicky în 1933.[i] Pentru a genera structurile observate, materia întunecată ar trebui să reprezinte mai mult de 90% din materia întregului univers.

S-au dezvoltat două conjecturi. Modelul *top-down* al materiei întunecate încinse specula că materia întunecată este alcătuită din particule care se deplasează cu o vitează apropiată de viteza luminii. Un candidat au fost neutrinii. Fizicienii crezuseră că aceste particule nu au masă și că se depla-

[i]) Vezi pagina 67.

seazăexact cu viteza luminii, dar acum nu mai excludeau posibilitatea ca neutrinii să aibă totuși o masă mică și să se deplaseze cu o viteză puțin mai mică decât viteza luminii. Astfel se puteau forma structuri la scară foarte mare care intră în colaps pentru a produce agregatele sub formă de clătită din care apoi se formează galaxiile. Totuși, acest model nu a putut fi pus în acord cu distribuția actuală a galaxiilor în roiuri.

Versiunea favorizată a devenit modelul *bottom-up* al materiei întunecate reci, conform căruia materia întunecată este alcătuită din particule care se mișcă la viteză mică – și sunt, prin urmare, reci – de tip WIMP (particule masive care interacționează slab) rămase de la Big Bang. Nu există deocamdată particule cunoscute care să se potrivească acestui model, dar fizicienii au descris mai mulți candidați posibili, cum este de pildă fotino-ul, o versiune foarte grea a fotonului lipsit de masă. Aceste particule cu interacțiune slabă s-ar fi decuplat de radiație cu mult mai devreme decât barionii (protoni și neutroni care formează materia pe care o observăm). Pentru că se mișcă încet, s-ar fi grupat sub influența gravitației pentru a forma mari mase galactice. Când barionii s-au decuplat de radiație au fost atrași către centrul unei mase galactice întunecate de câmpul său gravitațional, pentru a forma o galaxie vizibilă înconjurată de un mare halou de materie întunecată rece, invizibilă. Asemenea galaxii supermasive – de zece ori mai mari decât cele pe care le vedem azi – ar fi fost aduse laolaltă de atracția gravitațională pentru a forma roiuri și superroiuri. Totuși, acest model a trebuit să presupună că formarea galaxiilor a fost „distorsionată" de la bun început, astfel încât galaxiile să se formeze numai acolo unde există fluctuații extrem de mari în densitatea materiei întunecate reci.

Chiar și așa, când masa estimată a tuturor galaxiilor, inclusiv a halourilor lor întunecate, a fost calculată pentru a se obține densitatea medie a materiei în univers, rezultatul nu a depășit 10% din densitatea critică presupusă de modelul ortodox, în care energia cinetică de expansiune este în concordanță cu atracția gravitațională a materiei.[i]

Astfel, au presupus cosmologii, trebuie să existe multă – mult mai multă – materie întunecată în univers pentru a se ajunge la densitatea critică. Pe baza acestei supoziții, modelul *bottom-up* al materiei întunecate reci (MÎR) a devenit parte a modelului ortodox.

Totuși, structurile mari și marile regiuni de vid identificate de Geller și Hucra în 1989 ridică serioase semne de întrebare cu privire la modelul MÎR. După părerea lui Michael Rowan-Robinson, un articol publicat în 1991 în revista *Nature* a dat lovitura de grație modelului.[11] Will Saunders și nouă colaboratori ai săi, printre care Rowan-Robinson, inițiaseră o cercetare exhaustivă

[i]) Vezi pagina 47.

a deplasării spre roșu a galaxiilor descoperite de Infrared Astronomical Satellite, și demonstraseră că la scară mare există mult mai multe structuri decât prezicea modelul MÎR.[12] Acest articol a fost urmat de un articol de opinie intitulat „Cold Dark Matter makes an Entrance", scris de David Lindley, editor asociat la *Nature*, în care se arată că respingerea modelului MÎR vine de la un grup format din vechi susținători ai modelului. Autorul avertiza de asemenea cu privire la eventuala salvgardare a modelului prin introducerea unor noi parametri prezumtivi, de exemplu o constantă cosmologică, întreprindere pe care o asemăna cu încercările lui Ptolemeu de a explica modelul geocentric al sistemului solar.[13]

Dar exact asta s-a întâmplat. După cum spuneau Volker Springel și colegii lui în 2005: „În ultimele două decenii, modelul materiei întunecate reci (MÎR), îmbogățit cu un câmp de energie întunecată (care poate lua forma unei constante cosmologice, Λ), s-a dezvoltat ca model teoretic standard al formării galaxiilor."[14]

Dovezi în sprijinul modelului ortodox

Dovezile pentru acest model provin în principal din două surse. În primul rând, cosmologii pretind că Millennium Run din 2005, o simulare computerizată detaliată, se potrivește foarte bine cu modelul cosmologic ortodox. Totuși, la fel ca alte simulări computerizate, se bazează pe multe supoziții, inclusiv densitatea materiei vizibile și a celei întunecate, precum și a energiei întunecate de care este nevoie pentru a obține universul plat din modelul ortodox, în concordanță cu conjecturile care se bazează pe inflație. Depinde și de „modelarea post hoc a fizicii formării galaxiilor"[15].

Iarăși, un model ajustat în lumina observațiilor va avea în mod necesar un rezultat în acord cu observațiile și, de aceea, nu este predictiv.

În al doilea rând, se pretinde că existența materiei întunecate – deși nu se știe exact din ce se compune – a fost dovedită de efectul de lentilă gravitațională (prin care, conform relativității generale, câmpul gravitațional al prezumtivei materii întunecate curbează lumina care vine de la obiectele mai îndepărtate, creând multiple imagini ale acestora).[16] Totuși, aceste efecte s-ar putea explica și prin apelul la modele matematice alternative, precum cele care descriu un univers de mici dimensiuni sau un univers sferic simetric neomogen.[17]

Dovezi împotriva modelului ortodox

În opinia lui Riccardo Scarpa, din moment ce materia întunecată nu putea emite lumină sau o altă formă de radiație electromagnetică, ea nu-și poate expulza căldura internă, un proces vital pentru contracția gravitațională la scara relativ restrânsă a unui roi globular. Așadar, materia întunecată

n-ar trebui să se regăsească în micile noduri stelare care orbitează în jurul Căii Lactee și al multor alte galaxii. Cu toate acestea, Scarpa și colegii lui de la European Southern Observatory din Chile au găsit, în 2003, dovezi că stelele din trei roiuri globulare se mișcă mai repede decât poate explica gravitația materiei vizibile.

Scarpa a ajuns la concluzia că nu este nevoie să postulăm existența vreunei materii întunecate în univers. Explicația, formulată pentru prima dată cu mai bine de douăzeci de ani înainte de Mordehai Milgrom, spune că legea newtoniană a gravitației este valabilă doar atunci când accelerația depășește un anumit prag critic. Jacob Bekenstein a dezvoltat o versiune relativistă a mecanicii newtoniene modificate a lui Milgrom, despre care Constantinos Skordis, de la Oxford, a pretins în 2005 că i-a fost de folos pentru a explica atât fluctuațiile din radiația cosmică de fond, cât și distribuția galaxiilor în univers.[18]

Mai mult, Sloan Digital Sky Survey a descoperit cuasari foarte strălucitori și cu o puternică deplasare spre roșu. Interpretarea ortodoxă a deplasării lor spre roșu spune că se află la o depărtare atât de mare, încât trebuie să fi existat atunci când universul avea o zecime din vârsta sa actuală.[i] Cei mai mulți cosmologi cred că fiecare asemenea emisie substanțială de energie este produsă de o mare cantitate de gaz foarte fierbinte chiar înainte să fie absorbită într-o gaură neagră masivă din centrul galaxiei. S-a calculat, de exemplu, că un cuasar ar emite lumină cât trei trilioane de sori, ceea ce ar corespunde unei găuri negre cu masa de circa un miliard de ori cât masa solară, și se estimează că s-ar fi format la doar 850 de milioane de ani după Big Bang. Această descoperire a ridicat îndoieli că o astfel de structură masivă s-ar fi putut forma atât de devreme în felul descris de modelul *bottom-up*.

Totuși, Springel și colegii lui susțin că simularea computerizată Millennium Run arată că e posibil să se formeze găuri negre în stadii atât de timpurii ale universului.[19] Cred însă că nu ar trebui să echivalăm o simulare pe computer cu realitatea, mai ales când simulările depind de mai multe supoziții și de modelarea *post hoc* despre care am vorbit în secțiunea anterioară. O asemenea precauție este sprijinită de identificarea în 2013 a unui mare grup de cuasari care pare să fie cea mai mare structură din universul timpuriu. Conform celor care au descoperit această structură, dimensiunea ei pune sub semnul întrebării supozițiile modelului cosmologic ortodox.[20]

Mai mult, telescopul spațial Spitzer cu raze infraroșii, lansat în 2003 de NASA, a detectat galaxii cu o puternică deplasare spre roșu, care s-ar fi format undeva între 600 de milioane și un miliard de ani după Big Bang. Astfel

[i]) Așa cum am spus în capitolul 6, această interpretare a deplasării spre roșu a cuasarilor nu este unanim acceptată.

de galaxii tinere ar trebui să conțină numai stele tinere, dar s-a constatat că ele conțin și gigante roșii precum cele din galaxia noastră, despre care cosmologii cred că au avut nevoie de miliarde de ani pentru a-și arde hidrogenul din miez, după care intră în colaps gravitațional, încălzindu-și straturile exterioare până la punctul de fuziune, când încep să se extindă și să radieze lumină roșie. Interpretarea datelor obținute de telescopul Spizer nasc controverse, unii astrofizicieni considerând că aceste gigante roșii sunt tinere.

Totuși, aceste galaxii tinere par să conțină fier și alte metale. Conform modelului ortodox, un astfel de univers tânăr e format doar din hidrogen, heliu și urme de litiu[i]; fierul este produs abia după ce stelele mari din prima generație au produs nu numai hidrogen, ci și, succesiv, heliu, carbon, neon, oxigen și siliciu, înainte să intre în colaps și apoi să explodeze sub formă de supernove care împrăștie în spațiu fier și alte metale.

Cauzele care au dus la formarea stelelor

Dovezile cu privire la formarea stelelor provin din observarea propriului nostru sistem solar, mai ales din observarea stelelor tinere, dintre care multe sunt înconjurate de discuri de praf și gaz, din observarea norilor moleculari uriași din galaxia noastră și din modelarea computerizată.

Aceste studii au dus la ipoteza nebuloaselor stelare, conform căreia exploziile supernovelor aruncă nuclee și electroni în spațiul stelar în diferite direcții, unde se amestecă cu gazele interstelare existente, în special hidrogen. Pe măsură ce se răcesc, formează atomi și molecule simple de gaz și praf, cu viteză diferită și moment cinetic diferit. Câmpurile gravitaționale separă acest amestec turbulent de resturi ale supernovelor și gaz interstelar în nori aproape sferici.

Fiecare astfel de nebuloasă dinamică se contractă sub acțiunea propriului câmp gravitațional. Pe măsură ce se întâmplă asta, apar trei procese: miezul nebuloasei se încinge, deoarece energia gravitațională potențială a materiei care cade spre centru se convertește în energie (căldură) cinetică; se rotește mai repede pentru a-și conserva momentul cinetic net în timp ce raza ei descrește; și se aplatizează pe măsură ce ciocnirile dintre gaze și particulele de praf își echilibrează mișcarea în favoarea direcției momentului cinetic.

Cea mai mare parte a acestui nor care se contractă și se aplatizează se aglomerează în spirală către centrul de greutate tot mai dens și mai masiv, iar miezul devine suficient de fierbinte încât să înceapă fuziunea nucleară: astfel se naște o a doua generație de stele. Majoritatea gazului rămas este

[i]) Vezi pagina 149.

aruncat înapoi în mediul interstelar sub forma unor jeturi uriașe dispuse în jurul axei de rotație. Discul acum plat aflat în rotație conține praf mai dens – în special silicați și cristale de gheață – și gaze relativ apropiate de stea, în vreme ce vântul stelar expulzează hidrogenul, care e mai ușor, și heliul spre marginea discului. Acest disc are o densitate neregulată, creând o varietate de câmpuri gravitaționale. Astfel se produc ciocniri violente și forme de agregare care formează sâmburi planetari (planetezimali; aceștia, în câteva sute de milioane de ani, vor deveni planete care vor atrage cea mai mare parte a gazului și prafului rămase, orbitând în jurul stelei în planul discului.[21] Vezi figura 8.4.

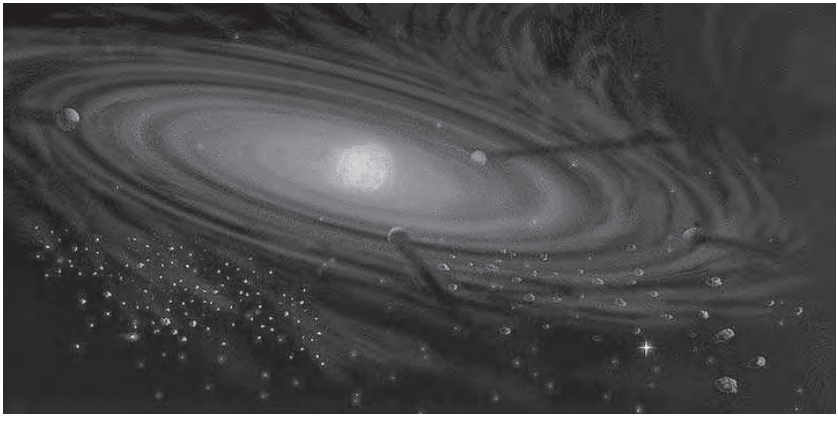


Figura 8.4 Proces ipotetic de formare a stelelor și planetelor dintr-o nebuloasă spiralată.

La o examinare mai atentă, această explicație ortodoxă ridică totuși două probleme. În primul rând, studiile arată că atunci când cea mai densă parte a unui nor molecular – cunoscută drept nucleu – este pe cale să intre în colaps și să formeze o stea, ea conține între zece mii și un milion de molecule de hidrogen pe centimetru cub.[22] Comparativ, densitatea aerului pe care-l respirăm este de zece miliarde de miliarde de molecule pe centimetru cub. Cum poate ceva care este, la limită, de zece mii de miliarde de ori mai puțin dens decât aerul să se contracte sub acțiunea propriului câmp gravitațional pentru a forma o stea?

Chiar dacă observațiile făcute asupra norilor moleculari de praf din galaxia noastră arată nuclee cu densitate mare sau protostele și mai dense sau stele nou-născute, ele nu arată ce anume a inițiat colapsul gravitațional al nucleelor și cu atât mai puțin cum s-au format ele. Ipoteza existenței unui halou masiv de materie întunecată nu e rezonabilă, fiindcă vorbim despre o scară mult prea mică.

În al doilea rând, aceste observații arată niște forțe care acționează pentru a împiedica colapsul gravitațional al norului, mai exact:

1. Mari turbulențe.
2. Câmpuri magnetice neuniforme în nori care conțin ioni (în special protoni, sau ioni de hidrogen) și electroni care fac ca materia ionizată să se dispună de-a lungul liniilor câmpului magnetic.

Astrofizicienii au construit modele computerizate, multe bazate pe hidrostatică, prin care să arate cum sunt învinse aceste forțe, dar, cu atâtea variabile cu valori necunoscute, sarcina este îngrozitor de dificilă și e nevoie de prea multe supoziții simplificatoare pentru a face modelul să funcționeze.

O conjectură rezonabilă cu privire la cauza regiunilor inițiale de mare densitate și a colapsului gravitațional prin care au trecut ulterior spune că acestea se datorează compresiei create de explozia supernovei, care produce unde parțial răspunzătoare pentru turbulențele din interiorul norului molecular gigantic. Această cauză nu poate fi însă invocată cu privire la formarea primei generații de stele, care, murind, s-au transformat în prima generație de supernove.

Kashlinski și colegii săi scriau în 2005: „Măsurătorile recente ale polarizării radiației cosmice de fond arată că stelele au început să se formeze devreme, când universul avea aproximativ 200 de milioane de ani.“[23] Pentru a afla cum s-a format prima generație de stele, e nevoie, din nou, să aflăm ce au fost primele structuri din univers dacă modelul ortodox al Big Bangului este corect. De-a lungul ultimelor cinci decenii, diverși cosmologi au presupus că acestea au fost fie roiuri globulare, fie găuri negre supermasive, fie stele cu masă mică.

Deși în conferințele de presă, în cărțile de popularizare a științei și în emisiunile TV de astăzi procesul de formare a stelelor este adesea prezentat drept bine cunoscut, mi-e greu să nu fiu de acord cu astrofizicianul Derek Ward-Thompson, de la Universitatea din Cardiff. După ce a trecut în revistă cele mai importante lucrări din domeniu, conchide: „Stelele sunt printre componentele de bază ale universului, și cu toate acestea încă n-am înțeles procesele prin care s-au format.“[24] În 2002, Martin Rees, pe-atunci astronomul regal al Marii Britanii, a conchis la rându-i că „în prezent procesul formării stelelor este insuficient înțeles.“[25]

Asta nu înseamnă, desigur, că știința nu va putea stabili niciodată cum s-au format primele stele sau cum se formează stelele în prezent. Totuși, în cazul primelor stele va fi dificil să obținem dovezi empirice care să stabilească dacă modelul Big Bangului fierbinte este corect. Conform acestui model, cam la jumătate de milion de ani după Big Bang temperatura a scăzut sub 3.000 K. De atunci, radiația corpului negru primordial a trecut în spec-

trul infraroșu, iar universul a rămas întunecat vreme de un miliard de ani.[26] În această perioadă, numită epoca întunecată a cosmosului, lumina stelelor ar fi prea slabă pentru ca vreo tehnologie din viitor să o poată detecta.

Explicație alternativă

Burbidge a subliniat că actualul model ortodox al structurii universului depinde de multe supoziții, printre care:

1. Universul a fost comprimat la un moment dat într-un punct de energie și densitate infinite sau aproape infinite.
2. Universul a trecut printr-o fază de inflație exponențială înainte să reintre în expansiune decelerată.
3. Fluctuațiile de densitate sunt prezente în materia timpurie.
4. Cea mai mare parte a materiei din univers este materie întunecată necunoscută.
5. Deplasarea spre roșu din spectrele cuasarilor este cauzată exclusiv de expansiunea cosmică, spectrele de absorbție datorându-se gazului.

El a afirmat că modelul cosmologic al stării cvasistaționare (CSCS) oferă o explicație mai convingătoare fără a fi nevoie de asemenea supoziții.[i]

O evaluare imparțială va trebui să recunoască nu doar că actuala explicație cosmologică ortodoxă cu privire la felul în care au apărut neomogenitățile în materia primordială este mai degrabă o conjectură decât o teorie bine testată empiric, ci și că această conjectură nu poate deocamdată să explice felul în care aceste omogenități au produs stelele, galaxiile, grupurile locale, roiurile și superroiurile sub formă de pânză despărțite de bule de vid pe care le observăm astăzi. Explicația alternativă furnizată de CSCS are avantajul unei mai mari parcimonii, dar nu se dovedește nici ea o teorie științifică solidă.

EVOLUȚIE CONTINUĂ?

Conform actualului model cosmologic ortodox, materia a evoluat dintr-o supă primordială, dezordonată, de particule primordiale care se formau și se anihilau producând radiație foarte fierbinte, și a ajuns la complexa ierarhie de structuri pe care o observăm astăzi. Dar continuă ea să evolueze în această manieră antientropică?[ii]

---

[i]) Vezi pagina 85.

[ii]) Entropia este o măsură a gradului de dezordine în care se află părțile componente ale unui sistem. Vezi capitolul 10 pentru o descriere mai amănunțită a acestui concept și a relevanței lui pentru evoluția materiei.

Cinci scenarii speculative cu privire la viitorul universului prezintă perspective contrastante asupra evoluției materiei la scară mare.

Galaxiile care se susțin singure la nesfârșit

Folosindu-se de teoria sistemelor auto-organizatoare din biologie, Lee Smolin lansează ideea că galaxiile precum a noastră sunt, de fapt, ecosisteme care se susțin singure. Unde intricate provenind de la diferite supernove interacționează și atrag gaz interstelar și praf, formând nori care odată ce intră în colaps generează noi stele, care, după miliarde de ani de fuziune nucleară, vor exploda și se vor transforma în supernove care aruncă gaz și praf în spațiul interstelar, și astfel ciclul continuă. Mecanisme de feed-back aduc norii la condițiile optime pentru a produce stelele din secvența principală și a menține un echilibru între densitatea norilor și numărul de stele și de supernove produse în fiecare generație. Acest sistem auto-organizator se menține într-o stare lipsită de echilibru termodinamic prin intermediul unor fluxuri energetice provenite de la lumina stelelor și de la explozii ale supernovelor. „Într-o galaxie spirală, cum este a noastră, un astfel de proces pare să fie perpetuu, ducând la valuri de formare de stele care se propagă continuu în mediul galaxiei spirală“[27], susținând astfel actualul nivel de complexitate.

Totuși, în teoriile sistemelor auto-organizate, sistemul este menținut într-o stare dinamică lipsită de echilibru printr-un transfer de energie și materie din afara sistemului, și nu dinăuntrul lui.[i]

Universul fractal

O altă idee speculativă susține că universul este fractal, adică forma complexă de la fiecare nivel al structurii ierarhice se repetă pe sine la o scară mai mare la fiecare nivel mai înalt, și tot așa *ad infinitum*. În opinia lui Rees, nu există nici o dovadă pentru un nivel structural superior superroiurilor în formă de pânză identificate de Geller și Huchra.[28] În plus, formele complexe de la nivelul sistemului solar, al galaxiilor, al roiurilor și al superroiurilor nu sunt identice.

Big Crunch

Conjectura că există de circa zece ori mai multă materie întunecată (până acum totuși nedeterminată) decât materie vizibilă a făcut posibilă ideea că forța de atracție gravitațională a întregii materii din univers ar putea fi suficient de mare încât să oprească și să inverseze expansiunea lui. Acest univers în contracție răstoarnă creșterea în complexitate și sfârșește printr-un Big Crunch, recreând entropia ridicată, sau dezordinea, de la Big Bang.

[i]) Vezi paginile 184–185.

Moartea termică pe termen lung

Prin contrast, profesorul Fred Adams, de la Universitatea din Michigan, și Greg Laughlin, cercetător la NASA, au susținut în 1999 că materia din univers la scară mare ajunge la entropie maximă printr-un proces ce duce la moartea termică.

Ei afirmă că procesul de formare de stele va continua în galaxii doar atât timp cât acestea au nori denși de hidrogen interstelar în brațele spiralei. Rezervele de materie din care se formează stelele sunt finite, și odată ce stelele au convertit tot hidrogenul disponibil în elemente mai grele nu se mai formează noi stele, lucru dovedit de galaxiile eliptice, care sunt în cea mai mare parte lipsite de hidrogen interstelar și nu mai produc noi stele (ceea ce contrazice conjectura lui Smolin).

Ei estimează că actualul stadiu de formare a stelelor va dura până la o sută de miliarde de ani, moment în care se va încheia Epoca Stelară a universului, după zece până la o sută de bilioane de ani (10^{13} până la 10^{14} ani), când stelele cele mai mici și care au trăit cel mai mult, piticele roșii, vor dispărea și pe cer nu va mai străluci nici o stea.

În Epoca de Degenerescență a universului, care va dura încă 10^{25} ani, galaxiile vor fi formate inițial din obiecte compacte: pitice brune, pitice albe care se răcesc sau „pitice întunecate“ reci, stele neutronice și găuri negre. Piticele albe atrag cea mai mare parte a materiei întunecate, iar galaxiile degenerează evaporând-se în vidul intergalactic. În cele din urmă, piticele albe și stelele neutronice dispar prin dezintegrarea protonilor și neutronilor.[i]

Această epocă va fi urmată de Epoca Găurilor Negre, în care singurele obiecte cu aspect stelar vor fi găurile negre. Acestea se vor evapora printr-un proces de emitere a unui tip de radiație numită „radiație Hawking“, până când universul va ajunge la vârsta de circa 10^{100} de ani.

Dincolo de această vârstă aproape imposibil de imaginat nu mai rămâne decât dezolarea infinită a Epocii Întunecate, în care în univers nu mai rămân decât resturile proceselor astrofizice anterioare: fotoni cu lungimi de undă colosale, neutrini, electroni și pozitroni și, probabil, particule de materie întunecată cu interacțiune slabă, precum și alte reziduuri exotice. Încă se produc evenimente de anihilare de nivel inferior, dar, în cele din urmă, universul ajunge la moartea termică atunci când entropia (dezordinea) atinge nivelul maxim: o stare de echilibru în care nu mai există energie disponibilă pentru a fi folosită.[29]

---

[i]) Fenomen prezis de marile teorii unificate, dar imposibil de probat până în acest moment.

Moartea termică pe termen scurt

De la sfârșitul anilor '90, cei mai mulți cosmologi susțin interpretarea ortodoxă a datelor cu privire la supernovele de tip 1a cu deplasare spre roșu; ei cred că universul și-a încheiat expansiunea decelerată după aproximativ 9 miliarde de ani și că a început o exapansiune accelerată care va duce la moarte termică, însă mai repede decât au estimat Admas și Laughlin. După cum am văzut în capitolul 4, pentru a explica acest comportament misterios, au invocat o la fel de misterioasă energie întunecată anti-gravitațională și au luat-o în considerare în modelele lor matematice reintroducând constanta cosmologică Λ, cu o altă valoare arbitrară.[i]

După părerea lui John Barrow, această expansiune accelerată împiedică materia să se aglutineze sub influența gravitației și a stopat astfel formarea de galaxii și roiuri. El adaugă că dacă această energie misterioasă ar fi devenit activă ceva mai devreme nu s-ar fi format nici o galaxie și nici o stea, iar noi n-am fi existat și n-am mai face acum speculații despre viitorul universului.[30]

Lawrence Krauss și Michael Turner avertizează totuși că datele de acest tip nu ar trebui folosite pentru a face predicții. După ce au reevaluat câteva noțiuni-standard cu privire la conexiunea dintre geometrie și soarta universului nostru, ei conchid că „nu există vreun set de observații cosmologice care să ne permită să determinăm fără urmă de îndoială care va fi în cele din urmă soarta universului"[31].

CONCLUZII

1. Nici modelul cosmologic ortodox *bottom-up* al Big Bangului fierbinte și al materiei întunecate reci, nici vreun model cosmologic alternativ nu oferă în prezent o explicație solidă din punct de vedere științific pentru evoluția materiei la scară mare.
2. Dacă materia primordială consta într-o plasmă extrem de densă, fierbinte și dezordonată de particule care se formau spontan și se dezintegrau producând energie de radiație, după cum pretinde actualul model ortodox, atunci putem spune că a evoluat pentru a produce structuri de mari dimensiuni în această ierarhie: sisteme solare, galaxii, grupuri locale de galaxii, roiuri și superroiuri galactice separate de regiuni vaste de vid.
3. Câmpurile gravitaționale în interacțiune cu materia care posedă energie cinetică produc, ipotetic, un astfel de proces antientropic, dar cauza primă a energiei cinetice și a câmpurilor gravitaționale nu este

[i]) Vezi pagina 69.

cunoscută. În plus, deși au fost avansate mai multe conjecturi concurente, nu putem spune că avem în acest moment o explicație satisfăcătoare din punct de vedere științific a felului în care s-au format aceste structuri complexe – de la stele la superroiuri – și nici nu știm care s-au format mai întâi din plasma primordială.

4. Nici o structură, precum o galaxie, nu este identică cu o structură de același nivel (așa cum cristalele de siliciu sunt identice între ele); nici un nivel superior al ierarhiei, precum un grup local, nu reproduce structura de la nivelul imediat inferior (în acest caz, o galaxie) la o scară mai mare. Universul este un întreg complex.
5. Universul este dinamic: stelele își epuizează combustibilul, explodează și se formează noi stele; sistemele solare, galaxiile, grupurile locale, roiurile și probabil și superroiurile se mișcă unele în raport cu altele; galaxiile se îndepărtează și se apropie de alte galaxii din grupul local atunci când pot să aibă loc ciocniri.
6. Actuala perspectivă cosmologică ortodoxă conform căreia expansiunea decelerată a universului s-a transformat în mod misterios într-o expansiune accelerată după aproximativ 9 miliarde de ani implică faptul că acest proces antientropic de complexificare a materiei a încetat.
7. Dacă universul rămâne perpetuu la acest nivel de complexitate dinamică, sau este menținut la acest nivel prin cicluri perpetue, așa cum sugerează cosmologia stării cvasistaționare, ori dacă a intrat într-un proces care va conduce până la urmă la o dezordine maximă în cadrul morții termice, ori dacă se va contracta până va ajunge din nou la dezordinea maximă a singularității unui Big Crunch rămân speculații pentru care, foarte probabil, observațiile cosmologice nu vor furniza dovezi clare.

Pentru a înțelege ce ne poate spune știința despre materia din care suntem alcătuiți, trebuie să examinăm evoluția paralelă și interdependentă a materiei la scară mică. Asta își propune capitolul următor.

CAPITOLUL 9

Evoluția materiei la scară mică

„Suntem praf de stele." — Joni Mitchell, 1970

Un bărbat care cântărește în jur de 70 de kilograme este format din circa 7×10^{27} atomi, adică aproape 10 miliarde de miliarde de miliarde de atomi. Cam 63% din aceștia sunt atomi de hidrogen, 24% atomi de oxigen, 12% atomi de carbon și 0,6% atomi de azot, în vreme ce restul de 0,4% includ atomi din alte circa 37 de elemente.[1] Cum s-au format acești atomi și cum au ajuns să ne formeze pe noi sunt întrebări esențiale pentru această cercetare.

EVOLUȚIA NUCLEELOR ELEMENTELOR[2]

Am văzut că modelul Big Bangului n-a reușit să explice cum s-au format nucleele elementelor mai grele decât heliul, cu excepția unor vagi urme de litiu, din supa încinsă de cuarci, electroni și fotoni creată prin eliberarea de energie de la Big Bang, înainte ca expansiunea și răcirea universului să oprească procesul de fuziune.[i]

Descoperirea făcută în 1950 de Martin și Barbara Schwarzchild că stelele mai vechi conțin semnificativ mai multe elemente grele decât cele tinere a oferit primele indicii cu privire la felul în care s-ar fi putut forma nucleele mai mari.

În 1957, Hoyle și colegii lui au publicat articolul fundamental în care au stabilit actuala teorie cosmologică ortodoxă cu privire la formarea elementelor grele în interiorul stelelor. Ei au conchis că

> Motivul de bază pentru care o teorie a originii stelare pare să ofere o metodă promițătoare a sintetizării elementelor este acela că structura schimbătoare a stelelor în timpul evoluției lor oferă o succesiune de condiții în care pot apărea multe tipuri de procese nucleare. Astfel, temperatura internă poate varia de la câteva milioane de grade, când reacția în lanț *pp* [proton-proton] începe să opereze, până la temperaturi de 10^9 până la 10^{10}, când au loc exploziile supernovelor. Densitatea centrală poate varia de asemenea cu factori de circa un milion. Scările temporale

[i]) Vezi pagina 147.

variază de asemenea de la perioade de miliarde de ani – durata de viață normală a stelelor din secvența principală care au masa mai mică sau egală cu a Soarelui nostru – până la perioade de ordinul zilelor, minutelor sau secundelor, caracteristice procesului de explozie.[3]

Deși de atunci detaliile au fost rafinate, nici un cosmolog nu a contrazis cu argumente serioase această teorie, care este susținută de dovezi spectroscopice. Suntem îndreptățiți să conchidem că toate elementele de origine naturală mai grele decât heliul s-au format prin procesul de nucleosinteză stelară descris mai jos.

Elementele de la heliu la fier

Stelele variază de la cele care au o masă de zece ori mai mică decât masa Soarelui până la cele cu o masă de șaizeci de ori cât a Soarelui. Protostelele mai mici nu devin niciodată suficient de fierbinți încât să înceapă fuziunea nucleară, în vreme ce acelea cu mase mai mari ard prea repede ca să poată deveni stele stabile. Mărimea stelei determină produsul nucleosintezei.

Pentru stelele mici și medii, cu masa de până la opt ori cât masa Soarelui, heliul este produs în miezul stelei printr-o serie de fuziuni nucleare numită lanțul proton-proton, în care protonii – nuclee de hidrogen – fuzionează într-un lanț de reacții producând heliu –4 și energie sub formă de căldură și lumină. Această eliberare de energie în exterior contrabalansează forța gravitațională a contracției din interior, astfel încât steaua rămâne stabilă vreme de miliarde de ani, după cum se vede în figura 9.1.

După ce tot hidrogenul din miez s-a consumat, nu se mai eliberează energie de fuziune, care să contrabalanseze gravitația, iar steaua începe să intre în colaps. Energia sa gravitațională potențială se transformă în energie cinetică, încălzind steaua aflată în contracție – deci mai densă. Hidrogenul din straturile de mijloc devine suficient de fierbinte pentru a începe să fuzioneze, ceea ce duce la formarea unui înveliș de heliu în jurul miezului de heliu. Căldura provenită din aceste reacții face ca straturile exterioare

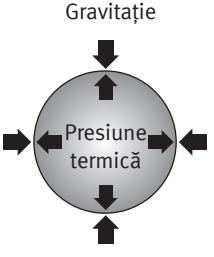


Figura 9.1 O stea stabilă în care presiunea termică din exterior este egală cu atracția gravitațională din interior.

ale stelei să se extindă, iar steaua crește mult în raport cu dimensiunea ei inițială. Expansiunea răcește straturile exterioare, iar lumina emisă de ele are o lungime de undă mai mare. Steaua a devenit o gigantă roșie.

Miezul de heliu al stelei va continua să se contracte până când temperatura ajunge la 100 de milioane de grade Kelvin. Este o temperatură suficient de mare pentru ca heliul să fuzioneze în carbon, eliberând energie care stopează colapsul gravitațional și produce o nouă perioadă de stabilitate. În funcție de mărimea stelei – și, astfel, de potențialul ei de a genera, prin contracție gravitațională, temperaturi tot mai mari ale miezului –, acest proces fie se oprește, fie continuă.

În cazul unei stele cu masa de două până la opt mase solare, în miezul și în straturile ei sunt generate temperaturi diferite care fac să apară diverse produse de fuziune, în vreme ce straturile exterioare sunt expulzate sub formă de vânt stelar. În cazul unei stele cu masa de circa opt mase solare, reacțiile termonucleare vor duce la fuziunea azotului în carbon, a azotului în oxigen și așa mai departe, în cazul elementelor cu număr atomic tot mai mare, până la fier.

Spre deosebire de elementele care îl precedă, fierul –56 nu eliberează energie atunci când fuzionează, pentru că este cel mai stabil dintre toate elementele. Prin urmare, când miezul ajunge să fie format din fier forța gravitațională nu mai poate fi contrabalansată în nici un fel. Stelele mari care ajung în acest stadiu sau stelele mai mici care și-au consumat combustibilul nuclear și nu au generat prin contracția gravitațională o temperatură suficient de mare pentru a reporni procesul de fuziune intră în colaps. În cazul unei stele mici, electronii sunt comprimați, iar steaua devine o pitică albă; o stea medie își continuă colapsul, comprimându-și neutronii și devenind o stea neutronică; o stea mai mare va duce procesul și mai departe, devenind o gaură neagră.

Energia uriașă și undele de șoc generate de un astfel de colaps gravitațional aruncă în spațiu cea mai mare parte din masa stelei, creând o creștere de scurtă durată a luminozității stelei, drept care aceasta ajunge să strălucească de până la o sută de milioane de ori mai puternic decât înainte; aceasta se numește o supernovă.

O stea cu masa de opt până la șaizeci de ori mai mare decât masa solară trece printr-un proces similar, dar mult mai rapid, de nucleosinteză care produce o supergigantă roșie cu straturi succesive de produse de fuziune – asemănătoare cu foile unei cepe, după cum se vede în figura 9.2.

După ce miezul ei ajunge să fie format numai din fier, supergiganta devine supernovă.

Tabelul 9.1 sintetizează produsele principale și secundare ale nucleosintezei stelare, temperatura la care au loc reacțiile și cât durează consumarea combustibilului nuclear la aceste temperaturi.

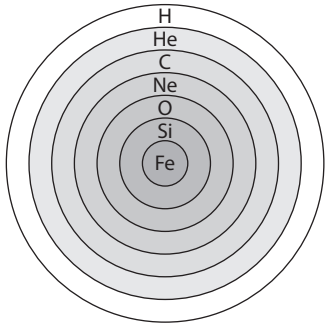


Figura 9.2 Modelul „foi de ceapă" al unei supergigante roșii, unde H este simbolul pentru hidrogen, He pentru heliu, C pentru carbon, Ne pentru neon, O pentru oxigen, Si pentru siliciu și Fe pentru fier.

Tabelul 9.1 Nucleosinteza elementelor în stadii succesive ale stelelor mari.

Combustibil	Produs principal	Produse secundare	Temperatură (miliarde de grade Kelvin)	Durată (ani)
H	He	N	0,03	1×10^7
He	C, O	Ne	0,2	1×10^6
C	Ne, Mg	Na	0,8	1×10^3
Ne	O, Mg	Al, P	1,5	0,1
O	Si, S	Cl, Ar, K, Ca	2,0	2,0
Si	Fe	Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni	3,3	0,01

Sursa: James C. Lochner *et al.* (2005)

Elementele mai grele decât fierul

Deși un proton nu poate fuziona cu fierul –56 pentru a produce următorul element, cobaltul, fierul –56 poate capta trei neutroni într-o perioadă de mii de ani pentru a crea izotopul instabil fier –59, după care un neutron se dezintegrează într-un proton și un electron, creând mai stabilul cobalt. Acest proces lent de captare a neutronilor în interiorul stelelor stă la baza formării multora dintre elementele mai grele decât fierul.

Căldura intensă a unei supernove creează un flux consistent de neutroni care sunt captați cu rapiditate de nucleele atomice pentru a genera nuclee mai grele, instabile, care se dezintegrează în alte elemente stabile, precum aurul, și în majoritatea elementelor radioactive de origine naturală, precum toriul și uraniul, care sunt aruncate de explozie în spațiul interstelar rece.

Producerea de elemente prin radiație cosmică

Pentru că nucleele situate între heliu și carbon nu sunt foarte stabile – de aici și diferența de cinci nucleoni –, în stele se produc cantități mici de litiu, beriliu și bor. Se crede că acestea sunt create mai ales atunci când razele cosmice – considerate a fi electroni și nuclee expulzate de supernove cu o viteză apropiată de viteza luminii – se ciocnesc cu gazul și praful interstelare; în urma ciocnirii se desprind fragmente care formează nucleele unor elemente mai ușoare.

Stelele de a doua și a treia generație

Cosmologia ortodoxă susține că norii de gaz și praf interstelar produși de supernove și de vânturile stelare trec printr-un proces de colaps gravitațional, deși mecanismul nu este înțeles.[i] În urma acestui proces se naște a doua generație de stele, care au o compoziție mai complexă decât cele din prima generație, formate în principal din molecule de hidrogen; în consecință, procesele de fuziune sunt mai complexe. Și aceste stele se vor transforma în supernove, aruncând parte din produsele lor în spațiu. Se crede că stelele din a treia generație s-au format într-o manieră similară.

Elementele produse

Astfel, plecând de la nucleele simple de hidrogen, toate aceste procese generează nuclee din ce în ce mai mari și mai complexe, ducând la cele circa 95 de nuclee de origine naturală care se găsesc în univers.[ii] Două dintre ele (hidrogenul, care reprezintă 75%, și heliul, 23%) formează cea mai mare parte din masa universului.

Opt elemente dintre cele 95 alcătuiesc aproximativ 98% din masa scoarței Pământului, care constă mai ales în oxigen (47%), siliciu (28%), aluminiu (8%) și fier (5%); oceanele cuprind în special oxigen (86%) și hidrogen (11%).[4]

Deși oamenii sunt formați din 41 de elemente, 99% din masa unui corp uman de talie medie e formată din numai 6 elemente: oxigen (65%), carbon (18%), hidrogen (10%), azot (3%), calciu (2%) și fosfor (1%).[5]

Cu toate că nu se regăsesc decât în cantități foarte mici, elementele mai grele joacă un rol fundamental în evoluția noastră. De exemplu, prin dezintegrare radioactivă, elementele uraniu, tor și potasiu –40 generează căldură în scoarța terestră, care va duce la mobilitatea plăcilor tectonice, necesară, după cum vom vedea imediat, pentru formarea biosferei, în vreme ce molib-

---

[i]) Vezi pagina 158 și următoarele.

[ii]) Înainte se considera că doar 91 de elemente apar în mod natural, iar restul de 27 sunt sintetizate artificial. Începând cu 2014, au fost identificate în natură urme a șapte dintre acestea; de aceea spun „circa 95“.

denul este necesar pentru fixarea azotului, esențial pentru metabolismul plantelor și animalelor.

Reglajul fin al parametrilor nucleari

Din motive pe care le voi discuta în amănunt mai târziu, un anumit element este considerat esențial pentru existența oamenilor și a celorlalte forme de viață, și anume carbonul, mai exact izotopul stabil carbon –12. Însă, cum a arătat Hoyle, pentru ca în interiorul stelelor să se producă suficient carbon –12 e necesar reglajul fin a trei parametri.

La pagina 131 am văzut că reglajul fin al lui Epsilon, care măsoară cât de puternic se leagă între ele nucleele de heliu, era o condiție necesară pentru seria de reacții în lanț care duc la producerea elementelor și, ulterior, la formarea atomilor și moleculelor esențiale pentru viață. Cei trei parametri ai lui Hoyle arată că este nevoie de anumite valori pentru ca reacțiile nucleare în lanț să producă carbon. Reacțiile sunt reprezentate prin următoarele ecuații:

$$2He^4 + 0{,}99\ MeV \rightarrow Be^8$$

$$Be^8 + He^4 + 7{,}3667\ MeV \rightarrow C^{12} + 2\gamma$$

Aceste ecuații arată că este nevoie de o energie de 0,99 milioane de electronvolți pentru a fuziona două nuclee de heliu –4 în izotopul instabil beriliu –8. Apoi, este nevoie de 7,3667 milioane de electronvolți pentru a fuziona încă un nucleu de heliu –4 cu beriliul –8 pentru a produce nucleul stabil carbon –12 plus două raze gamma de mare energie. Ca să se producă aceste reacții trebuie îndeplinite trei condiții.

1. Viața izotopului Be^8 ($\sim 10^{-17}$ sec) trebuie să fie suficient de lungă în comparație cu timpul necesar ciocnirii $He^4 + He^4$ (10^{-21} sec), pentru a permite primei reacții să aibă loc, dar nu trebuie să fie atât de stabilă încât lanțul reacțiilor să se oprească aici; este exact cât trebuie.
2. Hoyle a prezis că producția de carbon ar fi neglijabilă atâta timp cât reacțiile nu sunt rezonante, cu o rezonanță vitală a nucleului de carbon –12 de circa 7,7 MeV. În fuziunea nucleară, rezonanța este un vârf al energiei, în care reacția atinge eficiența maximă. Experimentele au confirmat mai târziu că nivelul de rezonanță al nucleului de carbon –12 este de 7,6549 MeV. Această valoare este doar cu puțin mai mare decât energia de 7,3667 MeV necesară pentru a fuziona heliul –4 cu beriliul -8, permițând astfel reacției să se producă.
3. Fuziunea nucleului de carbon –12 cu un alt nucleu de heliu –4 ar produce un nucleu de oxigen. Dar nucleul de oxigen –16 are un nivel energetic de 7,1187 MeV. Această valoare este mai mică decât de 7,1616 MeV,

energia totală a fuziunii carbon –12 + heliu –4. Dacă ar fi fost ceva mai mare, aproape tot carbonul ar fi fost rapid eliminat din interiorul stelelor prin conversia în oxigen.[6]

Astfel, toți acești parametri în lanț – longevitatea izotopului instabil beriliu –8, existența unui nivel de rezonanță avantajos al nucleului de carbon –12 și absența unui nivel dezavantajos al rezonanței în cazul oxigenului –16 – erau condiții necesare și remarcabil de fin reglate pentru a se produce suficient carbon, care stă la baza moleculelor de care depinde existența oamenilor și a tuturor celorlalte forme de viață din univers.

Voi explica în cele ce urmează cum au ajuns aceste nuclee ale elementelor, încărcate pozitiv, să formeze moleculele necesare vieții. Primul stadiu este formarea atomilor.

FORMAREA ATOMILOR[7]

La temperaturi mari și, prin urmare, la energii mari, materialul unei stele este plasma: un gaz haotic format din nuclee de elemente, încărcate pozitiv, electroni, încărcați negativ, plus neutroni și fotoni, adică particule de energie electromagnetică. După ce o stea și-a epuizat combustibilul nuclear și intră în colaps gravitațional, supernova își aruncă cea mai mare parte a plasmei în spațiul interstelar rece. Atunci când temperatura plasmei coboară sub pragul de 3000 K, nucleele elementelor captează electroni, formând atomi neutri și molecule stabile în acord cu principiul conservării energiei, principiul conservării sarcinii și cu legea interacțiunii electromagnetice.[i]

Principiile conservării și legea sunt necesare, dar nu și suficiente pentru a explica de ce electronii încărcați negativ nu sunt atrași în interiorul nucleelor încărcate pozitiv. Rezolvând această problemă, teoria cuantică a revoluționat felul în care înțelegem materia la scară mică. Legile mecanicii cuantice și principiul de excluziune al lui Pauli furnizează explicația științifică actuală pentru procesul prin care din plasma stelară răcită s-au format principalele componente ale ființelor umane.

Legile mecanicii cuantice

Conform teoriei cuantice, ceva atât de mic precum un electron se comportă ca și cum ar fi simultan o particulă și o undă. Un electron încărcat negativ poate interacționa cu un nucleu încărcat pozitiv doar înconjurându-l pe o orbită în formă de cochilie, numită orbital, care are o energie discretă, no-

[i]) Vezi pagina 140.

tată cu E_2. Electronul poate pierde o cuantă de energie, E, căzând pe un orbital cu energie mai mică, notată cu E_1, fenomen reprezentat prin relația

$$E = E_2 - E_1 = h\nu$$

unde h este constanta lui Planck, iar ν este frecvența energiei pierdute ca radiație electromagnetică.

Invers, un electron poate câștiga energie absorbind o cuantă de energie și sărind de pe un orbital cu energie mai mică pe unul cu energie mai mare.

Valoarea lui h este de aproximativ $4{,}136 \times 10^{-15}$ electronivolți pe secundă. Nici o teorie nu explică de ce se întâmplă exact așa. Fără această valoare discretă a energiei electronilor care orbitează, fiecare atom ar arăta altfel și nici unul dintre ei nu ar fi stabil.

Fiecare orbital este numit printr-un număr cuantic n, o funcție a distanței electronului față de nucleu. Alte trei numere cuantice specifică felul în care un electron interacționează cu un nucleu: l, numărul cuantic angular, denotă forma orbitalului; m_l, numărul cuantic magnetic, denotă orientarea orbitalului, iar m_s, numărul cuantic de spin, denotă direcția spinului electronului pe axa sa de orientare.

Soluțiile ecuațiilor mecanicii cuantice care descriu aceste interacțiuni indică distribuțiile probabile ale electronului în jurul nucleului. Chiar și așa, ele permit un număr inimaginabil de mare de tipuri de atomi posibile, fiecare având stări de energie diferite pentru fiecare element. O ipoteză lansată de Wolfgang Pauli în 1925 nu numai că a explicat că toți atomii unui element sunt identici, ci a făcut predicții, confirmate mai târziu de experimente, care au stat la baza chimiei așa cum o înțelegem azi.

Principiul de excluziune al lui Pauli

Principiul de excluziune al lui Pauli spune că doi electroni dintr-un atom sau dintr-o moleculă nu pot avea aceleași numere cuantice.[i] Nici în acest caz nu există vreo teorie care să ne explice de ce trebuie să se întâmple exact așa, dar intuiția profundă a lui Pauli a permis mecanicii cuantice, un domeniu aflat în plină dezvoltare, să fie concordantă cu observațiile și experimentele.

Este diferit de alte legi fizice, fiindcă este nondinamic – nu ține cont de distanță sau de timp – și nu are nimic de spus despre comportamentul unui electron individual, ci se aplică doar unor sisteme formate din doi sau mai mulți electroni. Această lege universală selectează un mic set de

[i]) Principiul a fost extins între timp la formularea că două tipuri de fermioni (o clasă de particule care include electronii, protonii și neutronii) dintr-un sistem dat nu se pot afla în același timp în stări caracterizate de aceleași numere cuantice.

stări energetice ale materiei dintr-un număr extrem de mare de posibilități; face ca toți atomii aceluiași element să fie identici și dictează felul în care se pot lega atomii, fie că aparțin aceluiași element sau unor elemente diferite. În consecință, explică starea unui element – cum poate fi gaz, lichid sau solid și, în cazul din urmă, cum poate avea o stare metalică sau cristalină –, precum și tabelul periodic în care sunt grupate elementele conform proprietăților lor fizico-chimice, așa cum se vede în figura 9.3.

114 elemente cunoscute și alte 4 a căror existență este prezisă sunt dispuse pe rânduri orizontale în funcție de numărul atomic, adică numărul de protoni din nucleul atomic. Rândurile sunt aranjate în așa fel încât elementele care au aproximativ aceleași proprietăți chimice să apară în aceeași coloană (grup), iar fiecare rând să se încheie cu un gaz nobil, care are orbitalul exterior, sau de valență, ocupat cu numărul maxim de electroni permis de principiul de excluziune al lui Pauli, și este foarte stabil și în general inert. Poziția unui element în sistemul periodic oferă chimiștilor cel mai bun ghid în prezicerea proprietăților moleculelor care se formează din atomii respectivului element și explică cum anume atomii simpli se transformă în moleculele complexe din care suntem alcătuiți.

Reglajul fin al parametrilor atomici

Formarea tuturor atomilor și moleculelor stabile depinde nu doar de legile mecanicii cuantice și de principiul de excluziune al lui Pauli, ci și de valorile a doi parametri fără dimensiune.

Constanta de structură fină, α, este constanta de cuplaj, sau o măsură a tăriei forței electromagnetice care guvernează felul în care o particulă elementară încărcată electric, precum electronul, interacționează cu un foton. Valoarea sa, de 0,0072973525376, este independentă de unitățile de măsură folosite pentru a determina sarcina electrică.

Similar, proporția dintre masa protonului și masa electronului, β, are o valoare fără dimensiune de 1836,15267247. Nici o teorie nu explică de ce aceste două numere pure au exact respectivele valori. Dacă valorile ar fi fost substanțial diferite, nu s-ar fi format atomi sau molecule stabile.[8]

EVOLUȚIA ATOMILOR

Atomii formați prin răcirea plasmei de nuclee și electroni aruncate în spațiul interstelar se leagă și evoluează în forme mai complexe. Acest proces vizează obținerea stării celei mai stabile și cu energia cea mai scăzută. În practică, asta înseamnă configurația electronică cea mai apropiată de starea în care orbitalii din stratul de valență conțin cel mai mare număr de electroni permis de principiul de excluziune al lui Pauli.

Tabelul periodic al elementelor

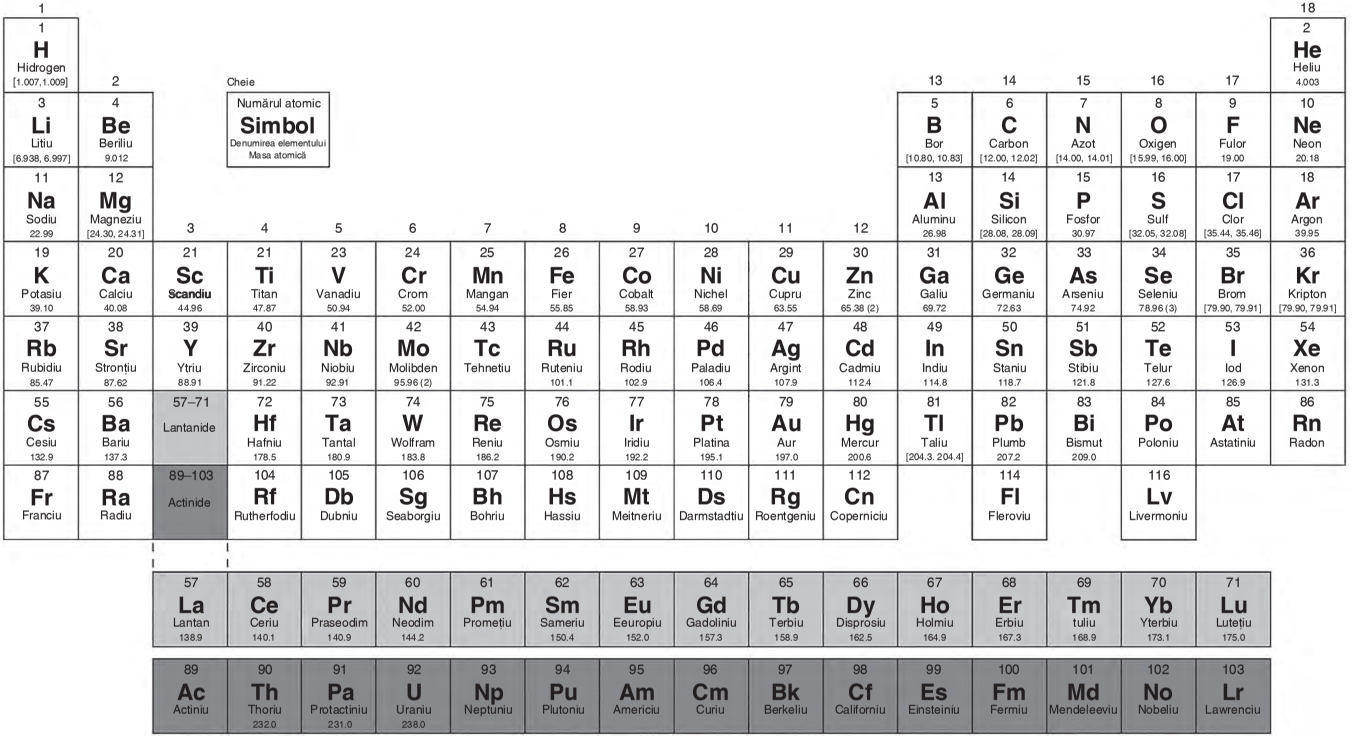


Figura 9.3 Tabelul periodic al elementelor. Recunoscut de International Union of Pure & Applied Chemistry în 2013. Existența celor patru elemente care ar trebui să completeze ultimul rând așteaptă încă să fie confirmată.

Atomii gazelor nobile au această configurație în mod natural și sunt stabili. Alți atomi ating stabilitatea legându-se cu unul sau mai mulți electroni de același fel, printr-una din următoarele patru metode.

Metode de legare

Legătura ionică (prin schimb de electroni)

Un atom cedează unul sau mai mulți dintre electronii săi de valență unui atom al unui element căruia îi lipsesc mai mulți electroni din stratul de valență. De exemplu, sarea comună (de masă), stabilă, se produce atunci când un atom foarte reactiv de sodiu, Na, intră în reacție cu un atom foarte reactiv de clor, Cl, donându-și singurul electron de valență pentru a produce un ion de sodiu încărcat pozitiv și stabil, cu un nou strat de valență, pe un orbital inferior, încărcat cu opt electroni, precum gazul nobil neon, și un ion stabil de clor, încărcat negativ, cu un strat de valență completat integral, precum gazul nobil argon. Produsul este reprezentat prin formula Na^+Cl^-. Ionul pozitiv care donează și ionul negativ care primește se atrag unul pe altul prin intermediul forței electrice.

Legătura covalentă (prin electroni puși în comun)

În loc să primească un electron de la un atom al unui element diferit, un atom de clor poate împărtăși un electron cu un alt atom de clor pentru a forma o moleculă diatomică de clor, Cl_2.[i] Completarea stratului de valență prin electroni puși în comun produce o configurație mai puțin stabilă decât completarea lui cu un singur electron și, astfel, moleculele de gaz de clor sunt mai reactive decât sarea.

Atomii unui element pot împărtăși unul sau mai mulți electroni cu atomii altui element pentru a forma o moleculă compusă. Un atom de hidrogen are un singur electron în stratul de valență, deși principiul de excluziune al lui Pauli ar permite să aibă doi. Un atom de oxigen are șase electroni, când principiul îi permite să aibă opt. Doi atomi de hidrogen își împart electronii cu cei șase din stratul de valență al unui atom de oxigen pentru a forma o moleculă stabilă de apă, H_2O.

Legătura metalică

Aceasta apare atunci când atomii aceluiași element pierd fiecare câte un electron pentru a forma o matrice de ioni pozitivi ținuți laolaltă de un bazin de electroni liberi. Spre deosebire de legătura covalentă, electronii sunt liberi să se miște și, de aceea, o substanță legată metalic conduce electricitatea.

[i]) Molecula este cea mai mică unitate fizică a unei substanțe care poate să existe independent, formată dintr-un atom sau din mai mulți atomi legați între ei prin electronii pe care-i pun în comun. Vezi glosarul pentru distincțiile dintre *moleculă*, *atom*, *ion* și *element*.

Legătura Van der Waals

Aceasta este o legătură electrostatică între molecule neutre din punct de vedere electric care apare pentru că, datorită formei moleculei, distribuția sarcinii electrice nu este simetrică. Separarea microscopică a centrilor de sarcină pozitivă și negativă face ca marginea încărcată pozitiv a unei molecule să atragă marginea încărcată negativ a unei molecule identice ș.a.m.d. La presiunea atmosferică normală, între 0 și 100 de grade Celsius, legătura van der Waals ține laolaltă moleculele de apă într-o stare fluidă. La temperaturi mai mari, energiile mai mari rup aceste legături, iar moleculele de apă ajung să existe ca entități separate, în stare gazoasă. La temperaturi mai mici, cu o agitație termală mai mică, aceste legături sunt suficient de puternice încât să țină moleculele într-o stare solidă și cristalină, gheața.

Așadar, legăturile dintre atomi sunt responsabile nu numai pentru proprietățile chimice – felul în care atomii interacționează cu alți atomi –, ci și pentru structura fizică a substanțelor.

Structurile cristaline

Cu excepția heliului, la o temperatură potrivită toți atomii, toate moleculele și toți ionii există într-o stare solidă, de obicei cristalină, în care atomii, moleculele sau ionii sunt legate nu doar între ele, ci și cu multe altele, într-o structură de matrice: un tipar regulat, care se repetă și care se extinde în toate cele trei dimensiuni spațiale. Toate cele patru tipuri de legături duc la formarea de structuri cristaline, iar structura și metoda de legare determină proprietățile fizice ale solidului. De exemplu, atomii de clor și de sodiu legați ionic formează cristale de sare comună (de masă), în vreme ce atomii de carbon legați covalent există sub formă de grafit sau de diamant.

Unicitatea carbonului

Carbonul, elementul aflat pe locul patru ca frecvență în univers, are proprietăți unice în materie de legare. În parte, acest lucru se datorează faptului că este un element cu electronegativitate mare – capacitatea relativă a unui atom de a atrage electroni de valență. Un atom de carbon are patru electroni în stratul exterior, sau de valență, deși principiul de excluziune al lui Pauli i-ar permite opt; se poate lega simultan cu alți patru atomi. Carbonul este elementul care prezintă cea mai mare tendință de a forma legături covalente și, în particular, are o remarcabilă tendință de a se lega cu atomi de același fel; este capabil să formeze nu doar o singură legătură, cu o singură pereche de electroni comuni de valență, ci, de asemenea, legături duble (câte două perechi) sau chiar triple (trei perechi). O altă proprietate specială a carbonului este capacitatea de a forma structuri sub formă de foaie, de inel sau lanțuri lungi în care se leagă de alți atomi.

Aceste proprietăți fac posibilă o gamă extrem de largă de molecule mari și complexe – numite molecule organice –, multe dintre ele se găsesc în toate formele de viață identificate până acum. În consecință, carbonul este esențial pentru viață așa cum o cunoaștem. Fără carbon, noi n-am fi existat.

MOLECULE ÎN SPAȚIU

Analiza spectroscopică arată că spațiul interstelar oferă condiții limitate pentru evoluția moleculelor complexe plecând de la nucleele și atomii expulzați de supernove. Printre moleculele detectate se numără molecule simple, diatomice, precum hidrogenul, H_2, sau monoxidul de carbon, CO, până la molecule organice care conțin până la 13 atomi, precum acetona, $(CH_3)_2CO$[9], trans-etil metil eterul, $CH_3OC_2H_5$[10], și cianodecapentaină, $HC_{10}CN$[11], dar până acum nu s-au descoperit molecule mai complexe de-atât. În funcție de temperatura respectivei regiuni din spațiu, acești atomi și molecule interstelare se găsesc fie în stare gazoasă, fie în stare solidă („praf interstelar").

Molecule cu o complexitate similară au fost descoperite și în sistemul nostru solar, într-o clasă de meteoriți cunoscuți sub numele de condriți carbonici. Conform datării cu carbon radioactiv, aceștia au între 4,5 și 4,6 miliarde de ani vechime și par să fie material din centura de asteroizi. Aceste roci, formate în special din silicați, conțin o varietate de molecule organice care includ aminoacizii simpli, elementele din care se compun proteinele.[12]

Cele mai complexe molecule au fost descoperite pe o planetă. Condițiile de la suprafața Pământului au furnizat mediul propice evoluției celui mai complex sistem molecular cunoscut până acum, ființa umană. Mă voi ocupa de felul în care a început și s-a desfășurat acest proces în partea a doua a cărții: Apariția și evoluția vieții.

CONCLUZII

1. Cu toate că există mai multe opinii cu privire la formarea atomilor de heliu, teoria științifică acceptată în general, bine susținută de observațiile spectroscopice, este aceea că nucleele simple de hidrogen au evoluat formând nucleele tuturor celorlalte elemente de origine naturală, prin intermediul reacțiilor de fuziune în lanț, al captării de neutroni și al dezintegrării în interiorul stelelor și în supernove. Aceste procese au fost întreținute de transformări succesive ale energiei gravitaționale potențiale în energie cinetică când stelele de diferite mărimi au început să se contracte pe măsură ce combustibilul nuclear

specific fiecărui stadiu se consumase, plus energia generată de colapsul gravitațional produs când stelele, rămase fără combustibil nuclear, au devenit supernove.
2. Nucleele încărcate pozitiv, laolaltă cu electronii încărcați negativ, au fost aruncate de supernove în spațiul interstelar rece. Aici au devenit atomi și molecule neutre, proces întreținut în principal de fluxurile de energie în concordanță nu doar cu principiul conservării energiei și sarcinii și cu legea forței electromagnetice, ci și cu legile mecanicii cuantice și cu principiul de excluziune al lui Pauli.
3. Spre deosebire de cele două principii ale conservării, care sunt în general considerate axiomatice, legile cuantice și principiul de exluziune al lui Pauli nu sunt considerate așa. Într-adevăr, din multe puncte de vedere mecanica cuantică este contraintuitivă. Ea explică totuși cum se formează atomii și cum evoluează în molecule tot mai complexe care se găsesc în spațiul interstelar, în meteoriți despre care se crede că își au originea în centura de asteroizi din sistemul nostru solar și pe suprafața Pământului.
4. Chiar dacă sunt necesare, nici principiile de conservare, nici teoria cuantică nu sunt suficiente pentru a explica cum au evoluat moleculele organice complexe din care se compun toate formele de viață, inclusiv noi. Dacă valorile a trei parametri nucleari ar fi fost fie și puțin diferite, în stele nu s-ar fi format suficient carbon încât să apară moleculele organice; dacă valorile celor două constante fără dimensiune – constanta de structură fină și proporția de masă proton/electron – ar fi fost puțin diferite, nu s-ar fi format atomi și molecule. Nici o teorie nu explică de ce acești parametri au exact valorile pe care le au.
5. La scară mică, materia a evoluat de la o stare simplă la stări din ce în ce mai complexe.

În capitolul următor voi examina în detaliu acest tipar predominant de complexificare și, în particular, ce anume l-a cauzat și prin ce mecanisme a fost obținut.

CAPITOLUL 10

Tiparul evoluției materiei

> Dacă se dovedește că teoria ta contrazice cel de-al doilea principiu al termodinamicii, nu pot să-ți dau nici o speranță; n-o așteaptă nimic în afară de cea mai adâncă umilință.
>
> — Sir Arthur Eddington, 1929

Capitolul 8 arată că, *dacă* actuala explicație cosmologică ortodoxă este corectă, atunci dintr-o izbucnire de radiație fierbinte și extrem de densă materia a apărut sub forma unei plasme haotice și dezordonate de particule fundamentale care se formau și se anihilau spontan în/din energia de radiație. Acestea au evoluat la scara întregului univers într-o ierarhie de sisteme stelare dinamice complexe, galaxii, grupuri locale de galaxii, roiuri și superroiuri separate de regiuni de vid de forma unor bule. Elementele de la fiecare nivel nu sunt identice și un nivel de ordin superior nu este pur și simplu o versiune la scară mai mare a nivelului de ordin imediat inferior: universul este un întreg complex, dinamic. De la sfârșitul anilor '90 ai secolului trecut, cosmologia ortodoxă a pretins că expansiunea decelerată s-a transformat în expansiune accelerată după aproximativ 9 miliarde de ani, iar asta înseamnă că procesul de complexificare la scară mare s-a oprit în acel moment, adică acum aproximativ 5 miliarde de ani.

Capitolul 9 prezintă explicația științifică acceptată că, la scară mică, nucleele simple de hidrogen au evoluat și au format nucleele celor 95 de elemente, care apoi au evoluat și au format atomi și molecule tot mai complexe, iar acest proces a dus până la urmă la cele mai complexe forme de viață din universul cunoscut, ființele umane.

Voi încerca în cele ce urmează să arăt în ce măsură acest proces de complexificare a întregii materii – atât la scară mică, cât și la scară mare – se potrivește cu legile științifice cunoscute, pentru a vedea ce l-a provocat și cum s-a produs.

CONCORDANȚA CU LEGILE ȘTIINȚIFICE CUNOSCUTE

Principiul conservării energiei

Principiul conservării energiei a fost obținut pornind de la prima lege a termodinamicii, care a fost la rândul ei stabilită, în secolul al XIX-lea, pornind

de la experimentele cu motoare cu abur desfășurate de James Prescot Joule și alții. Termodinamica înseamnă mișcarea căldurii, iar legea spune că energia este mereu conservată în asemenea mișcări. Mai precis:

prima lege a termodinamicii Creșterea energiei interne a unui sistem care folosește sau produce căldură este egală cu cantitatea de energie termică adăugată sistemului minus lucrul desfășurat de sistem în mediul său.

Principiul a fost extins după aceea pentru a cuprinde toate cele trei forme de energie identificate până acum:

1. *Energia mișcării.* Aceasta include energia cinetică a corpurilor aflate în mișcare, căldura (cauzată de mișcarea moleculelor unei substanțe), energia electrică (cauzată de mișcarea electronilor) și energia radiației (cauzată de mișcările undelor electromagnetice și ale anumitor particule).
2. *Energia înmagazinată* (energia potențială). Aceasta include următoarele: energia elastică înmagazinată într-un arc întins, care poate fi eliberată dacă arcul este destins; energia gravitațională potențială a unei mase care poate fi convertită în energie cinetică dacă masa este eliberată și cade înspre o altă masă, fiind atrasă de câmpul gravitațional al acestei mase; energia dintr-o legătură chimică, ce poate fi convertită în căldură prin intermediul unei reacții chimice.
3. *Energia masei de repaus* ($E = mc^2$). Derivă din teoria relativității restrânse a lui Einstein; poate fi convertită în energie a mișcării, așa cum se întâmplă cu fuziunea nucleară din nucleul stelelor, unde, de exemplu, în cadrul reacției în lanț de tip proton-proton, masa de repaus a patru protoni fuzionează în masa de repaus mai mică a unui nucleu de heliu –4, diferența fiind convertită în energia căldurii și a radiației luminoase.

Atunci când o lege se aplică tuturor tipurilor de fenomene, este mai corect s-o denumim principiu. Deși granița dintre cele două nu este întotdeauna clară, următoarele definiții ne ajută să le diferențiem:

lege științifică sau naturală Un enunț general și succint, care poate fi testat prin observație sau experiment și pentru care nu au fost descoperite rezultate contrare repetabile, conform căruia o gamă de fenomene naturale se comportă invariabil la fel în anumite limite specificate. De obicei, este exprimat printr-o singură ecuație matematică. Rezultatul aplicării unei astfel de legi poate fi prezis cunoscând valorile variabilelor care specifică fenomenul particular luat în considerare.

De exemplu, a doua lege a mișcării a lui Newton spune că accelerația unui obiect este direct proporțională cu forța netă ce se exercită asupra lui și invers proporțională cu masa lui. Dacă știm masa unui corp și forța netă care acționează asupra lui, putem aplica legea pentru a prezice accelerația masei. Teoria relativității restrânse a introdus limitarea că o forță nu poate face un corp să accelereze cu o viteză egală sau mai mare decât viteza luminii.

principiu științific sau natural O lege despre care se consideră că este naturală și adevărată în mod universal.

În vreme ce prima lege a termodinamicii descrie energia termică și lucrul desfășurat de aceasta (energia cinetică în care este transformată), principiul conservării energiei se aplică tuturor formelor de energie.

principiul conservării energiei Energia nu poate fi nici creată, nici distrusă; energia totală a unui sistem izolat rămâne constantă, deși poate fi transformată dintr-o formă într-alta.

Prin urmare, indiferent de condițiile oricărei interacțiuni, energia totală dintr-un sistem izolat este întotdeauna aceeași înainte și după, dacă facem calculele corect.

Aplicarea acestui principiu la transformările energiei care duc la o creștere a complexității materiei din univers ridică trei întrebări.

Întrebarea 1: Care este valoarea inițială a energiei?
Explicația cosmologică ortodoxă, adică teoria Big Bangului, spune că universul a fost creat din nimic, așadar energia inițială trebuie să fi fost zero; aceeași teorie sugerează că universul a început să existe ca o explozie masivă de energie. Încercarea de a explica această contradicție prin conjectura unei energii nete zero produce o contradicție logică.[i] Alte conjecturi, precum cele despre existența unui univers anterior care a intrat în colaps sau altele de același fel nu pot fi testate și cu atât mai puțin ne oferă o estimare a energiei. Adevărul este că nu avem nici o cale, teoretică sau empirică, pentru a estima cantitatea inițială de energie a universului atunci când încercăm să explicăm transformările energiei din universul luat ca întreg.

Întrebarea 2: Care este valoarea finală a energiei?
Geometria plată presupusă în modelul Big Bangului presupune că universul este infinit în întindere și, astfel, este imposibil să determinăm cu exactitate energia sa finală. Este valabil și pentru alte conjecturi în care se presupune că universul are întindere infinită. Adăugarea arbitrară a unei energii întunecate necunoscute pentru a explica trecerea la expansiunea

[i]) Vezi paginile 74 și 129.

accelerată a universului face ca răspunsul la această întrebare să devină și mai greu de dat, dacă se poate așa ceva.

Modelele cu o geometrie închisă care duc la un univers ce se termină cu un Big Crunch ar produce o energie finală egală cu energia inițială din univers, dar în momentul de față nu există în lucru astfel de modele; pentru cosmologii ortodocși, ele implică faptul că universul constă într-o cantitate încă și mai mare de materie întunecată, care depășește cu mult cantitatea arbitrară de energie întunecată necunoscută.

Singura concluzie rezonabilă este că nu putem ști cu siguranță dacă și cum principiul conservării energiei se aplică universului ca întreg.

Dacă lăsăm deoparte valoarea inițială și valoarea finală, observațiile arată că principiul se aplică proceselor izolate care au loc în univers. Ajungem astfel la cea de-a treia întrebare.

Întrebarea 3: Transformările energiei sunt reversibile?

Principiul conservării energiei este simetric. Permite moleculelor de aer rece să se ciocnească cu moleculele de apă fierbinte dintr-un pahar și să câștige energie cinetică prin transfer de la moleculele de apă, astfel încât aerul care înconjoară paharul se încălzește, în vreme ce apa se răcește. Permite, de asemenea, moleculelor de aer rece să transfere o parte din energia lor cinetică moleculelor de apă fierbinte, încălzind și mai mult apa, în vreme ce aerul din jurul paharului devine și mai rece. Permite masei-energie a unei bombe nucleare să fie transformată prin detonare în căldură și energie de radiație, iar acestea să se transforme apoi, invers, în masă-energie. Astfel de transformări inverse nu sunt observate natural, ceea ce a dus la principiul creșterii entropiei.

Principiul creșterii entropiei

Acest principiu a fost dezvoltat plecând de la a doua lege a termodinamicii, care a cunoscut multe formulări diferite în secolul al XIX-lea, pentru a limita prima lege a termodinamicii la ceea ce poate fi observat. Poate fi exprimată astfel:

> **a doua lege a termodinamicii** Căldura nu trece niciodată spontan de la un corp rece la un corp cald; energia trece mereu de la formele mai utilizabile la cele mai puțin utilizabile.

Este o lege statistică a probabilităților, care nu are nimic de spus despre comportamentul particulelor individuale. De exemplu, nu spune că o moleculă de aer rece nu poate pierde energie cinetică prin ciocnirea cu o moleculă de apă caldă. Ea spune totuși că probabilitatea ca multe asemenea interacțiuni spontane să se petreacă și, astfel, ca apa caldă să se încălzească și mai mult, iar aerul din jur să se răcească și mai mult este neglijabilă.

În 1877, Ludwig Boltzmann a exprimat această lege sub forma unei ecuații, folosind conceptul de entropie, introdus în 1862 de Rudolf Clausius. De atunci, conceptul a fost dezvoltat pentru a descrie fenomene mai generale decât sistemele termodinamice; a fost, de asemenea, extins pentru a încorpora ideea că organizarea unui sistem ne oferă informații despre el însuși. Poate fi acum definit astfel:

> **entropie** O măsură a gradului de dezordine sau dezorganizare a părților componente ale unui sistem închis; o măsură a energiei care nu poate fi utilizată. Cu cât este mai mică entropia, cu atât crește gradul de organizare a părților componente și, prin urmare, se obțin mai multă energie utilizabilă și mai multe informații prin observarea configurației sale. La punctul de maximă entropie, configurația este aleatorie și uniformă, fără vreo structură și fără energie utilizabilă; acest moment apare atunci când sistemul a atins o stare de echilibru.[i]

Într-un sistem ciclic ideal, transformările energiei sunt reversibile, iar în astfel de cazuri ecuațiile matematice arată că entropia revine la valoarea inițială la sfârșitul fiecărui ciclu, rămânând astfel la același nivel. Totuși, toate transformările energetice observate sunt ireversibile, iar entropia crește.

A doua lege a termodinamicii, care se aplică căldurii și transformărilor energiei mecanice, poate fi extinsă la un principiu general care descrie toate transformările energetice cunoscute în termeni de entropie. El poate fi exprimat într-o formă non-matematică astfel:

> **principiul creșterii entropiei** În timpul oricărui proces dintr-un sistem izolat, entropia fie rămâne la același nivel, fie, cel mai adesea, crește, adică dezordinea crește, energia disponibilă scade, iar informația se pierde în timp pe măsură ce sistemul evoluează către o stare de echilibru.

Mai simplu spus, orice schimbare dintr-un sistem izolat față de alte forme de energie sau materie tinde să producă o stare care este tot mai probabilă, ducând la o pierdere de energie utilizabilă și de informație.

Toate dovezile arată însă că evoluția materiei, atât la scară mică, cât și la scară mare, contrazice acest principiu.

CONTRADICȚII ALE PRINCIPIULUI CREȘTERII ENTROPIEI

Sistemele locale

Știința explică faptul că sporirea ordinii și complexității apare în sistemele locale deschise, nu în sistemele izolate; asemenea descreșteri locale ale en-

[i]) Vezi glosarul pentru o definiție completă a *entropiei* și pentru ecuația ei.

tropiei sunt compensate de creșteri ale entropiei în alte locuri din univers. Astfel, biosfera Pământului este un sistem în care moleculele organice au devenit tot mai complexe, evoluând în celule și în forme de viață din ce în ce mai complexe, până la cele mai complexe ființe existente în univers, ființele umane. Biosfera Pământului este un sistem deschis, iar această creștere locală a ordinii – și, implicit, scăderea entropiei – este determinată în principal de căldura și de energia luminoasă provenite de la Soare, care, în consecință, pierde energie și suferă o creștere a entropiei pe măsură ce își epuizează ireversibil combustibilul nuclear.

Încercările de a explica mecanismele unor astfel de scăderi ale entropiei au dus la numeroase teorii ale complexității și ale sistemelor. Acestea datorează mult studiilor despre sistemele auto-organizatoare desfășurate între 1955 și 1975 la Universitatea din Bruxelles de chimistul Ilya Prigogine, recompensat cu Premiul Nobel, la care s-au adăugat eforturile lui Manfred Eigen, de asemenea chimist, care a lucrat în anii '70 la Institutul pentru Chimie Fizică „Max Planck" din Göttingen. Simplu spus, ei susțin că o structură complexă poate apărea dintr-un sistem deschis, dezordonat, prin intermediul unui flux de energie și materie, iar acest flux poate păstra structura complexă într-o stare stabilă – dar nu fixă – departe de echilibru, în ciuda continuei schimbări a componentelor sistemului. În această stare, sistemul este sensibil la schimbări mici: dacă fluxul se intensifică, structura se confruntă cu noi instabilități, din care pot apărea structuri și mai complexe, care se află încă și mai departe de echilibru.

Vortexurile care se formează în fluide oferă dovezi în acest sens: aici includem cicloanele care apar în atmosfera Pământului și tiparele elaborate pe care le vedem pe suprafața lui Jupiter. Figura 10.1 arată un vortex format de fluxul de aer produs de aripa unui avion în mișcare.

Această imagine seamănă izbitor cu o nebuloasă spiralată, din care, se presupune, se formează o stea împreună cu sistemul ei planetar sau cu o galaxie spirală. Un tipar comun nu înseamnă neapărat o cauză comună, dar este o asemănare sugestivă.

Universul

Prin definiție, universul cuprinde toată materia și energia care există. Chiar dacă am accepta speculația asupra existenței altor universuri într-un multivers, ele nu sunt în contact fizic cu universul nostru, despre care putem spune, de aceea, că este un sistem izolat. Astfel, explicația conform căreia scăderile entropiei în sistemele locale, deschise, sunt compensate printr-o mult mai mare creștere a entropiei în alte locuri din univers nu poate fi folosită pentru complexificarea observată în univers.

Pentru a se stabili dacă fenomenul creșterii în complexitate observat în evoluția materiei la scara universului este în concordanță cu principiul

Figura 10.1 Flux de aer produs de aripa unui avion, făcut vizibil cu ajutorul unei tehnici care folosește fum colorat răspândit de la sol.

creșterii entropiei, actualul model cosmologic ortodox trebuie să răspundă la patru întrebări interconectate.

Întrebarea 1: Care este starea inițială a universului: entropia minimă sau maximă? În opinia lui Paul Davies, profesor de fizică teoretică la Universitatea din Newcastle upon Tyne, Marea Britanie, „ceea ce provine dintr-o singularitate [de tipul Big Bangului] este fie complet haotic și nestructurat, fie coerent și organizat."[1] Dacă cineva crede că Davies încearcă să joace la sigur, ar trebui să știe că tot el spune, cu șase pagini înainte, că un univers pornit dintr-o singularitate la Big Bang „nu a fost unul cu organizare maximă, ci unul simplu și aflat în echilibru". El descrie astfel o stare de entropie maximă. Poate că motivul pentru care Davies a încercat după aceea să lase loc oricărei alte opinii este faptul că Roger Penrose ajunge la concluzia contrară: „Faptul că [Big Bangul] trebuie să fi avut o entropie extrem de mică [o stare de organizare maximă] este deja evident prin prisma existenței celei de-a doua legi a termodinamicii."[2] Penrose presupune că a doua lege a termodinamicii (mai exact principiul creșterii entropiei) se aplică întregului univers și, prin urmare, starea lui inițială *trebuie* să fi fost caracterizată de o entropie minimă. Acesta este un argument circular și, prin urmare, lipsit de validitate.

Mai mult, contrazice a treia lege a termodinamicii.

a treia lege a termodinamicii Entropia unui cristal perfect ordonat la temperatura de zero absolut este zero.

Actualul model ortodox al cosmologiei spune că materia inițială a universului era o plasmă nestructurată și dezorganizată de particule fundamentale, care se formau din energia de radiație și se anihilau producând astfel de energie, prea fierbinte ca să permită formarea vreunei structuri. Aceasta este în mod evident o stare de entropie ridicată, prezentând un echilibru perfect între materie și energie la o temperatură aproape infinită, imediat după singularitatea Big Bangului cu entropie maximă, cum a conchis inițial Davies.

Întrebarea 2: Este evoluția materiei la scara universului entropică sau antientropică, altfel spus, entropia crește sau descrește?

Figura 10.2 ilustrează această dilemă cu care se confruntă modelul ortodox.

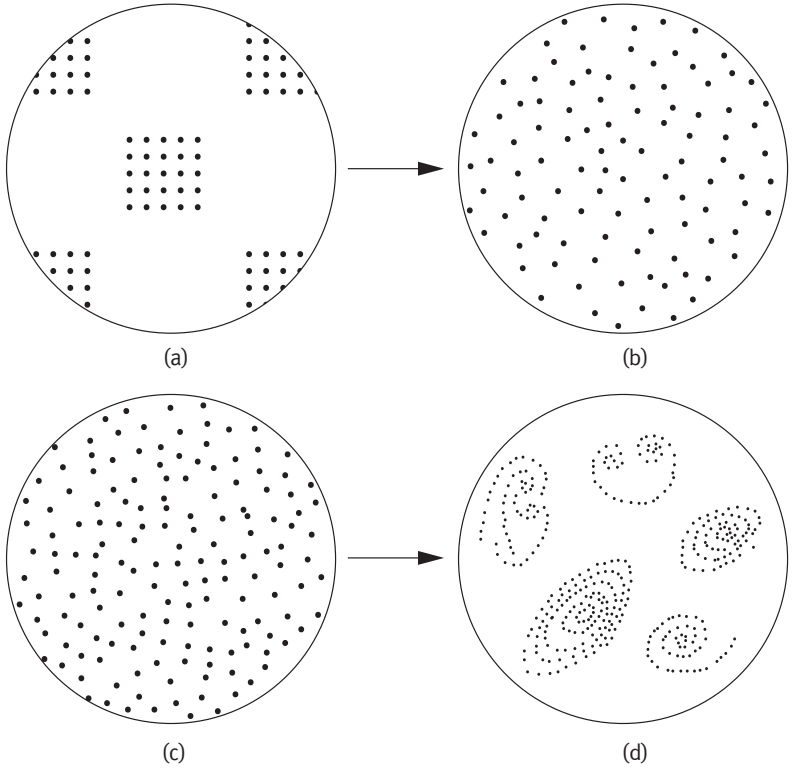


Figura 10.2 Comparație a entropiei la scară mică și la scara universului. Sfera (a) conține molecule de gaz într-un aranjament ordonat (entropie redusă) care produce în curând o stare de echilibru dezordonat (entropie ridicată) din pricina ciocnirii moleculare, așa cum se vede în sfera (b), în conformitate cu principiul creșterii entropiei. Sfera (c) conține molecule primordiale care fac exact opusul. Plecând de la o stare de dezordine inițială (entropie ridicată) și în ciuda expansiunii universului, formează tipare ierarhice mai ordonate – galaxii, grupuri locale etc. –, (cu entropie mică), așa cum se vede în sfera (d).

Figura 10.2 (a) arată molecule de gaz într-o sferă unde sunt constrânse să stea într-un aranjament ordonat, adică într-o stare de entropie redusă. Odată eliberate de această constrângere și la o temperatură mai mare decât zero absolut, moleculele se deplasează cu viteze diferite și se ciocnesc unele de altele.

Respingerea electronilor încărcați negativ de la suprafața fiecărei molecule este cu mult mai mare decât atracția gravitațională dintre molecule, astfel încât în urma ciocnirii acestea vor ajunge rapid să umple întreaga sferă, ceea ce, la o temperatură uniformă, duce la echilibrul termodinamic, după cum se vede în sfera (b). Aceasta este o stare de entropie maximă.

Sfera (c) arată moleculele primordiale (circa 75% hidrogen și 25% heliu, ca masă) imediat după ipoteticul Big Bang. Ele constituie toată materia din univers și sunt distribuite în întreg spațiul care exista la acel moment. Se află într-o stare de entropie extrem de ridicată (dezordine), în vreme ce spațiul dintre ele se extinde. Dacă s-ar fi aflat în echilibru termodinamic, ar fi fost într-o stare de entropie maximă.

La paginile 116 și 123 am prezentat explicația modelului ortodox, alături de o critică a felului în care a evoluat acest nor molecular primordial, prin intermediul atracției gravitaționale, în structuri precum galaxiile, grupurile locale de galaxii, roiurile și superroiurile, după cum se vede în sfera (d).

Procesul, așa cum este prezentat în tranziția de la sfera (c) la sfera (d), este inversul celui prezentat în tranziția de la sfera (a) la sfera (b): este antientropic.

Penrose susține însă că este entropic.

Atât el, cât și Stephen Hawking[3] spun că „aglomerarea" corpurilor care gravitează produce dezordine. Dar observațiile arată limpede că galaxiile și celelalte structuri sunt mai ordonate decât norii de materie din care s-au format.

Penrose conchide că „un sistem inițial răspândit uniform de corpuri care gravitează reprezintă o entropie relativ scăzută, iar pe măsură ce crește entropia corpurile tind să se aglomereze. La final, avem de-a face cu o creștere uriașă a entropiei pe măsură ce se formează o gaură neagră care înghite cea mai mare parte a materialului."[4]

Aici, cuvântul „entropie" folosit de Penrose cu referire la corpurile care gravitează are sens exact opus față de entropia corpurilor care nu gravitează. Demonstrația lui se bazează pe aserțiunea că, pe atunci, „gravitația pare să fi fost diferită"[5]. Ne aflăm iarăși în pericol să cădem în țara din oglindă a lui Alice, unde un cuvânt „înseamnă exact ce vreau eu să însemne – nici mai mult, nici mai puțin".

Mai mult, dacă există o creștere uriașă a entropiei pe măsură ce se formează o gaură neagră și dacă condițiile materiei la momentul Big Bangu-

lui, deduse mergând înapoi pe firul expansiunii universului, sunt similare cu cele dintr-o gaură neagră, după cum au pretins atât Penrose, cât și Hawking[6], atunci Big Bangul reprezintă o stare de entropie foarte mare, dacă nu chiar maximă. Această observație contrazice direct aserțiunea de mai sus a lui Penrose, conform căreia la Big Bang „entropia era extrem de scăzută".

După cum remarcă Ellis:

> Deși în discuțiile cu privire la a doua lege a termodinamicii se spune adesea că, lăsată în voia ei, materia tinde mereu către o stare de dezordine crescută, istoria universului ne arată exact inversul. Printr-un proces spontan, primele structuri ordonate (stelele și galaxiile) s-au dezvoltat prin intermediul atracției gravitaționale; apoi a apărut a doua generație de stele însoțite de planete, formând habitatul propice pentru apariția vieții. [...] Astfel, există de fapt o extraordinară propensiune a materiei de a crea ordine, generând spontan niveluri tot mai înalte de structuri ierarhice și, implicit, tot mai multă ordine.[7]

Acesta este un proces antientropic, conform definiției general acceptate a entropiei.

Această contradicție dintre conjectură și dovezile în sprijinul modelului ortodox al Big Bangului nu se potrivește cu ipotezele în care universul este etern și infinit în întindere, pentru că o astfel de stare presupune o entropie constantă la scara universului, și este astfel în acord cu principiul creșterii entropiei („fie rămâne la fel, fie, de regulă, crește" – vezi definiția de la pagina 184).

Întrebarea 3: Ce anume determină această creștere în complexitate (respectiv scăderea entropiei) la scara universului?

Davies spune că, de fapt, câmpul gravitațional cosmic este în cea mai mare măsură responsabil pentru crearea ordinii prin expansiunea cosmică. El conchide că

> acesta prezintă probabil o anumită tendință spre dezordine ca rezultat [al ordinii inițiale], [...] dar în acest caz trebuie să explicăm cum anume a apărut la început ordinea în câmpul gravitațional. [...] Chestiunea se reduce în cele din urmă la întrebarea dacă a doua lege a termodinamicii se aplică deopotrivă gravitației și materiei. Nimeni nu înțelege cu adevărat asta. Cercetările recente în domeniul găurilor negre [desfășurate de Jakob Bekenstein și Stephen Hawking] sugerează că răspunsul este da.[8]

La întrebarea dacă principiul creșterii entropiei se aplică gravitației, despre care știința actuală susține că este o deformare a spațiului-timp cauzată de masă, singura concluzie rezonabilă este cea la care ajunge Ellis.

> O chestiune nerezolvată încă este natura entropiei gravitaționale. [...] Nu există până acum nici o definiție unanim acceptată a entropiei gravitaționale care să fie general aplicabilă; până când va exista, argumentele cosmologice care se bazează pe conceptul de entropie nu au o bază solidă.[9]

Răspunsul la această întrebare este că pur și simplu nu știm ce anume cauzează complexificarea observată și, prin urmare, scăderea entropiei pe măsură ce universul se extinde.

Întrebarea 4: Care va fi starea finală a universului? Se va sfârși într-o stare dezordonată?

Problema dovezilor care contrazic actualul model cosmologic ortodox expusă la finalul răspunsului la întrebarea 2 s-ar putea rezolva dacă, indiferent de creșterea complexității și ordinii observate până acum, universul ar sfârși totuși în dezordine. Cu alte cuvinte, deși evoluția materiei din univers a fost antientropică până acum, până la urmă se va dovedi entropică.

Totuși, după cum a conchis capitolul 8, indiferent dacă universul rămâne la infinit în actualul stadiu de complexitate dinamică sau este menținut în acest stadiu prin cicluri perpetue, cum sugerează cosmologia stării cvasistaționare, sau dacă se va dovedi că a intrat într-un proces entropic care va duce în cele din urmă la o stare de dezordine maximă și la moartea termică, sau dacă se va contracta din nou până la dezordinea maximă a singularității unui Big Crunch rămân, toate, variante posibile.

Până acum aproximativ 85 de ani, pe baza dovezilor existente, știința ajunsese la concluzia că universul este etern și neschimbător. În următorii 35 de ani, pe baza noilor dovezi, știința a fost polarizată în jurul a două perspective: prima, că universul este etern, infinit și într-o expansiune nesfârșită; cea de-a doua că, dimpotrivă, universul a apărut din nimic sub forma unui punct, care a trecut prin Big Bang și de atunci s-a extins continuu într-o manieră decelerată. Cu 50 de ani în urmă, dovezi despre care am putea spune că nu erau noi i-au convins pe cosmologii ortodocși să adopte ideea Big Bangului. Circa 20 de ani mai târziu, cosmologia ortodoxă a decis, plecând de la conflictul care apăruse între dovezile disponibile și modelul Big Bangului, că universul primordial a trecut printr-o expansiune inflaționară nedeterminată, dar extrem de scurtă și de foarte mari proporții, înainte să treacă la o expansiune decelerată, de proporții mult mai mici. După încă 15 ani, cosmologii ortodocși au interpretat dovezile în așa fel încât au decis că, după două treimi din vârsta sa, universul a trecut din nou, din motive încă de neînțeles, de la expansiunea decelerată la o expansiune accelerată, deși nici pe departe la rata caracteristică perioadei de inflație.

Trebuie să recunosc că doar un cosmolog foarte curajos ar putea prezice cu încredere ce ne va spune cosmologia ortodoxă cu privire la evoluția materiei pe scară largă în următorii 10 ani, cu atât mai puțin în următorii 100 sau 1000 de ani, oricum neglijabili în raport cu vârsta estimată a universului, de 13,8 miliarde de ani.

Previziunile despre soarta universului sunt în cea mai mare parte speculative, iar cosmologia nu poate, în acest moment, să răspundă la această întrebare. Astfel, actualul model ortodox nu poate să ne spună dacă principiul creșterii entropiei se aplică sau nu universului ca întreg.

Voi include concluziile acestui capitol printre concluziile părții întâi, pe care le voi expune în capitolul următor.

CAPITOLUL 11

Reflecții și concluzii cu privire la apariția și evoluția materiei

Cosmologii se înșală adeseori, dar nu au niciodată îndoieli.
—Atribuită lui Lev Landau, 1908–1968

REFLECȚII

Când am început cercetarea de față trăiam cu impresia că teoria Big Bangului este o teorie științifică susținută temeinic de dovezi și că, astfel, sarcina de a relata ce știm cum privire la apariția și evoluția materiei neînsuflețite va fi relativ ușoară. Dar, cu cât îmi puneam mai multe întrebări, cu atât devenea mai clar că pornisem de la presupuneri greșite.

N-a fost însă ceva rău. M-am apropiat de subiect cu mintea deschisă, căutând ce știm sau putem deduce rezonabil plecând de la experimente și observații, spre deosebire de ceea ce nu e decât ipoteză, speculație sau credință. Dacă dovezile empirice nu susțineau sau chiar contraziceau supozițiile mele, nici o problemă, așa funcționează știința: înțelegerea științifică nu este un adevăr bătut în cuie, ci evoluează pe măsură ce apar noi dovezi și gândirea se dezvoltă.

Totuși, ceea ce m-a deranjat cu adevărat a fost faptul că unii cosmologi au adoptat o atitudine foarte defensivă atunci când le-am prezentat materialul brut al cărții și i-am rugat să corecteze orice eroare, omisiune sau concluzie nejustificată. După ce citise doar jumătate dintr-un capitol, unul a spus că „după părerea mea, publicului nespecialist nu ar trebui să i se prezinte o astfel de viziune trunchiată cu privire la ce a reușit și nu a reușit știința."

Un altul a răspuns: „Nu prea cred că cineva care nu a studiat cosmologia în toate detaliile fizice și matematice poate să scrie o critică credibilă a cosmologiei moderne." Când i-am reamintit că acel capitol expune opinii critice la adresa modelului ortodox actual care au fost formulate de cosmologi dintre cei mai distinși, a spus că doi dintre ei „nu mai au dram de credibilitate în cosmologie". Unul din cei doi primise cu doi ani în urmă Medalia de Aur a Societății Regale Astronomice.

Pentru a-și justifica afirmația că acel capitol pe care-l citise era „complet greșit", a făcut referire la o secțiune care conchidea că datele venite de la telescopul spațial WMAP nu au confirmat teoria inflației. A spus că „ma-

joritatea oamenilor cred că aceste date sunt în perfectă concordanță cu inflația“. Dacă ar fi verificat sursele pe care le citam în sprijinul concluziei mele, ar fi observat că printre ele se aflau o bucată dintr-o carte și un articol din revista *Nature* pe care le scrisese chiar el și care ajungeau la aceeași concluzie. În sfârșit, a spus că nu mai vrea sub nici o formă să sprijine acest atac la adresa cosmologiei.

Cred că, în parte, astfel de atitudini mai degrabă triste, de respingere a criticilor aduse atât din afara, cât și din interiorul domeniului, se leagă de dificultățile întâmpinate de cosmologie ca mijloc explicativ pe care le-am prezentat în capitolul 6. O altă motivație ar putea fi faptul că disciplina cosmologiei a început cu o teorie matematică – ecuațiile de câmp ale relativității generale a lui Einstein aplicate la întregul univers – și a fost dezvoltată de teoreticieni al căror principal instrument este matematica. Unii dintre ei amestecă dovezile matematice cu dovezile științifice, care sunt de fapt distincte, introducând în ecuațiile lor anumiți parametri ale căror valori pot fi reglate arbitrar pentru a face teoria să concorde cu observațiile empirice, ceea ce e în regulă dacă un teoretician vrea să dezvolte un model matematic, dar nu constituie o dovadă în sensul acceptat de comunitatea științifică. Acest lucru devine și mai evident atunci când mai multe modele contradictorii pretind că se potrivesc cu aceleași date observaționale.

În absența unor teste observaționale sau experimentale care să valideze sau să ducă la respingerea unei ipoteze dincolo de orice îndoială, cei care o propun rămân cu un set de ecuații matematice concordante între ele despre care *cred* că reprezintă realitatea așa cum o percepem prin simțuri. Susținătorii unei astfel de ipoteze tind să se poarte exact ca susținătorii oricărei alte credințe: oricine îi contrazice fie nu înțelege despre ce este vorba, fie se înșală, fie nu are nici o credibilitate. (Acest ultim termen este în particular revelator atunci când este folosit de un om de știință.) Când susținătorii credinței majoritar acceptate ajung să câștige puterea în mediul academic, făcându-și discipoli și hotărând care dintre studenți vor primi posturi de cercetători, care proiecte de cercetare vor fi finanțate și care articole vor fi publicate, acea perspectivă se instituționalizează; ca în cazul oricărei instituții, presiunile pentru a te conforma credinței ortodoxe pentru a-ți asigura și a-ți menține cariera sunt enorme. Consecința este că alte abordări ale acelorași probleme nu sunt cercetate, gândirea inovativă ajunge să fie limitată la ceea ce fizicianul teoretician Lee Smolin numește „gândire de turmă“ (exemplificate de acel „majoritatea oamenilor cred“ pe care l-am pomenit anterior), iar progresul științific este încetinit.

Dacă va fi urmat tiparul progresului științific, în cele din urmă va apărea o enigmă de neexplicat și va avea loc ceea ce se numește o schimbare

kuhniană de paradigmă.[i] Dar în domeniul cosmologiei, atunci când testarea empirică necesită cheltuieli foarte mari, ca în cazul detectorilor de la nivelul sateliților sau acceleratoarelor de particule, cineva din afara mediului universitar, cum a fost Einstein, are puține oportunități.

paradigmă Tiparul dominant al convingerilor și supozițiilor care în general nu sunt puse la îndoială într-o disciplină în care se efectuează cercetări științifice și în conformitate cu care se interpretează rezultatele.

Între timp, cosmologia ortodoxă a momentului are tendința de a se manifesta mai puțin ca o știință și mai mult ca o religie în care credincioșii ajung uneori aproape de violența fizică atunci când îi resping pe ereticii dinăuntru și pe necredincioșii din afară. În capitolele 3 și 5, când am examinat alternativele teoretice la modelul cosmologic ortodox curent, am exemplificat cum sunt tratați cosmologii care contrazic convingerile îndeobște creditate, supozițiile aflate la baza acestora sau interpretările ortodoxe ale datelor brute. Smolin dă multe alte exemple în cartea lui *The Trouble with Physics*. Nu vreau să atac cosmologia, ci mai degrabă să arăt cum funcționează ea în practică și să semnalez că astfel de acțiuni sunt contrare etosului științei. În plus, a pretinde că speculațiile cosmologice sunt teorii științifice bine stabilite lasă ușa larg deschisă pentru speculații și credințe și mai extravagante care își vor găsi adăpost sub mantaua științei.

De asemenea, nu țin morțiș să critic anumiți cosmologi. Unii dintre ei sunt printre cele mai strălucite minți din știință și matematică. Dar inteligența prodigioasă nu i-a împiedicat pe un Newton și pe alți mari savanți să aibă un comportament cel puțin îndoielnic față de alți oameni de știință.

Acestea fiind spuse, vreau să-mi exprim profunda recunoștință față de acei cosmologi care au avut bunăvoința să-mi corecteze erorile, omisiunile și concluziile nejustificate din forma brută a cărții. Secțiunea dedicată mulțumirilor arată că se numără cu toții printre cele mai strălucite minți din domeniul cosmologiei. Orice neajuns care a rămas este, desigur, responsabilitatea mea și aș vrea să fie clar că, în ciuda ajutorului pe care mi l-au dat, acești specialiști nu sunt neapărat de acord cu toate concluziile mele sau unii cu alții. A fost însă, fără doar și poate, o experiență plăcută și stimulatoare să particip la toate aceste dezbateri rezonabile de pe urma cărora această carte a avut mult de câștigat.

Încercarea mea de a oferi o evaluare imparțială a ceea ce știm sau a ceea ce putem deduce în mod rezonabil pe baza observației sau a experimentelor cu privire la apariția și evoluția materiei duce la următoarele concluzii:

[i]) Thomas Kuhn, filozof al științei, a afirmat că factorii sociali și psihologici influențează felul în care oamenii de știință trec de la susținerea unei teorii existente la susținerea unei noi teorii revoluționare. Vezi Kuhn (2012).

CONCLUZII

1. Cosmologia, ramura științei care studiază originea, natura și forma universului, propune drept teorie ortodoxă modelul Big Bangului. Totuși, modelul de bază nu îndeplinește condițiile științifice pentru a fi o teorie solidă, printre altele fiindcă intră în conflict cu dovezile observaționale. (Capitolul 3)
2. Două modificări majore aduse modelului de bază pentru a rezolva aceste conflicte au dus la construirea modelului inflaționar prin fluctuație cuantică al Big Bangului, dar ipoteza centrală pe care se bazează aceste modificări nu este testabilă prin mijloacele cunoscute (capitolul 3). Mai mult, aceste modificări produc un model lipsit de concordanță logică, dacă se pretinde că Big Bangul este începutul tuturor lucrurilor, sau un model care contrazice ipoteza centrală a existenței unui Big Bang, dacă se presupune că au existat un vid cuantic sau un câmp inflaționar înainte de eventualul Big Bang fierbinte. (Capitolele 4 și 7)
3. Mai mult, acest model modificat nu reușește să explice dacă Big Bangul a fost sau nu o singularitate și, dacă da, cum a fost posibilă această singularitate, adică un punct cu un volum infinit de mic și cu o densitate infinită. De asemenea, nu poate să explice convingător, cu atât mai puțin să prezică, proporția de materie și radiație observată în univers, natura „materiei întunecate“ (despre care se crede că reprezintă 27% din univers), precum și misterioasa „energie întunecată“ antigravitațională (despre care se crede că reprezintă 68% din univers și că este responsabilă pentru trecerea universului, după două treimi din timpul vieții sale, de la expansiunea decelerată la expansiunea accelerată), ambele fiind adăugiri aduse modelului standard pentru a-l face concordant cu interpretarea ortodoxă a datelor observaționale.
4. De asemenea, acest model modificat și mai mult nu reușește să explice de ce universul a luat forma pe care a luat-o, când erau posibile și altele (capitolul 7) și, mai important, de unde provine totul. (Capitolele 4 și 7)
5. Actuala interpretare ortodoxă a dovezilor observaționale susține că universul se extinde, dar ca să aflăm dacă această expansiune poate fi analizată în sens invers până la un punct de origine sau dacă este doar o fază a unui univers ciclic, etern, trebuie să extrapolăm fizica cunoscută dincolo de limitele ei și să adoptăm niște supoziții îndoielnice care stau la baza interpretării datelor brute. (Capitolele 3, 5 și 6)
6. Alte ipoteze care au fost avansate pentru a modifica sau a completa modelul ortodox sunt fie netestate, fie netestabile cu mijloacele cunoscute (capitolul 5). Cei care încearcă să explice cum a apărut universul

sugerând existența unui univers anterior care a intrat în colaps sau a unui multivers nu rezolvă problema originii, pentru că nu explică de unde provine acel univers sau multivers. (Capitolele 3 și 5)

7. Un univers etern în care energia și materia sunt reciclate continuu ar fi o explicație mai rezonabilă decât creația din nimic și alte conjecturi asemănătoare. Diferitele modele ciclice susțin existența în viitor al unor cicluri tot mai lungi sau a unor universuri tot mai masive, dar, chiar prin logica lor, dând ceasul înapoi către începuturile universurilor, ajungem la un unic punct de origine al tuturor ciclurilor, prin urmare nu sunt eterne. Modelul cosmologiei stării cvasistaționare evită această problemă, dar susține crearea continuă de materie și energie printr-o serie de minibig-banguri non-singulare; presupusa sursă de energie pentru aceste minibig-banguri nu este cu nimic mai rezonabilă decât aceea despre care se presupune că a dus la apariția universului din nimic printr-un singur Big Bang. Modelul universului static evolutiv propus de cosmologia plasmei propune un univers etern care nu necesită crearea de materie-energie din nimic, dar nici nu reușește până acum să explice ce anume a făcut să apară plasma haotică primordială din care va evolua universul etern, ce anume a făcut să existe forțele fizice cunoscute și să interacționeze în așa fel încât să ducă la stări ale materiei tot mai complexe și mai ordonate. (Capitolele 5 și 7)
8. Cosmologia este diferită de alte ramuri ale științei prin aceea că există un singur univers, că este incredibil de mare și că noi suntem parte din el. Aceste diferențe nasc probleme practice legate de limitele detecției și dificultăți legate de măsurare, probleme legate de interpretarea datelor și de validitatea supozițiilor de bază; tot ele fac ca teoria relativității, mecanica cuantică și fizica particulelor să nu fie adecvate atunci când sunt aplicate întregului univers. În consecință, nu știm cu siguranță lucruri precum vârsta universului sau presupusa rată de expansiune. (Capitolul 6)
9. În ciuda acestor dificultăți formidabile, cosmologii fac adeseori afirmații care au o justificare științifică redusă. Limbajul lor aduce deseori cu cel al unei credințe religioase mai degrabă decât cu un discurs științific, iar felul în care cosmologia instituțională îi tratează uneori pe oamenii de știință reputați care au interpretări diferite ale datelor sau avansează conjecturi alternative seamănă foarte bine cu felul în care Biserica îi respinge pe eretici. (Capitolele 3, 5 și 6)
10. Pe măsură ce tehnicile de detecție se dezvoltă și apar noi interpretări și noi teorii ca răspuns la noi date și noi moduri de gândire, limitările practice, interpretative și teoretice vor fi tot mai mult depășite,

iar cosmologia ne va oferi o mai bună înțelegere a originii materiei și energiei din care suntem formați. Totuși, până când cosmologii nu vor da o nouă definiție a științei și a metodei științifice care să fie acceptabilă atât pentru comunitatea științifică, cât și pentru cea intelectuală mai largă, multe „teorii" cosmologice trebuie considerate conjecturi netestabile, așadar mai degrabă filozofice decât științifice. (Capitolul 6)

11. O problemă teoretică aparte este conceptul de infinit, atât în sens spațial, cât și în sens temporal. Dacă acest concept matematic corespunde realității lumii fizice așa cum este percepută de simțurile unor ființe finite cum suntem noi este o întrebare metafizică. Dacă anumite teorii care încorporează infiniți nu pot fi testate prin observații sistematice sau experimente, atunci asta le plasează în afara domeniului științei așa cum este el înțeles astăzi. (Capitolele 6 și 7)
12. Deși știința se preocupă cu înțelegerea universului material, alte forme de existență care nu sunt materiale – de exemplu, legile fizicii – fie descriu, fie reglementează felul în care universul material ajunge să existe sau să funcționeze. Aceste legi se exprimă prin relații matematice. În consecință, unii fizicieni teoreticieni trag concluzia că formele matematice există ca o realitate obiectivă în afara spațiului și timpului și reglementează formarea și funcțiile universului material. Un astfel de raționament se află dincolo de granițele științei. Nu se deosebește practic cu nimic de vechea viziune upanișadică a lui Brahman sau de conceptul chinez de Dao ca realitate ultimă care există dincolo de spațiu și timp, din care apare totul și conform căreia funcționează lumea naturală. (Capitolele 6 și 7)
13. Dacă admitem problemele unice ale cosmologiei și supunem diversele ei speculații mai degrabă examenului rațiunii decât testului empiric mai strict al științei, nici una nu este cu adevărat convingătoare, unele sunt marcate de neconcordanțe interne, iar altele nu sunt cu mult mai convingătoare decât unele credințe pe care știința le califică drept superstiții. (Capitolul 7)
14. Nici știința, nici rațiunea nu oferă o explicație convingătoare a originii universului și, astfel, nici a originii materiei și energiei din care suntem formați. Cel mai probabil, o astfel de sarcină este peste puterile noastre. Totuși, știința continuă să ne ofere explicații provizorii – care vor fi înlocuite, probabil, în timp – pentru funcționarea universului atât la scară mică, cât și la scară mare. (Capitolul 7)
15. Dacă universul primordial a fost format dintr-o plasmă extrem de densă, fierbinte și dezordonată de particule fundamentale formându-se spontan din energie de radiație și anihilându-se spontan în

aceeași formă de energie, atunci probabil că a evoluat la scară mare pentru a forma structuri dinamice complexe, ierarhice, de la sisteme stelare cu planete care orbitează până la galaxii și grupuri de galaxii, roiuri și superroiuri în formă de coală despărțite de mari bule de vid cosmic. (Capitolul 8)

16. Dovezile observaționale demne de încredere arată că, în același timp, materia a evoluat și la scară mică, într-un tipar tot mai complex, de la simple nuclee de atomi de hidrogen la molecule organice (bazate pe carbon) cu până la 13 atomi, descoperite în spațiul interstelar, și aminoacizi simpli având cam tot atâția atomi în compoziție, descoperiți în asteroizii din sistemul nostru solar. (Capitolul 9)
17. Știința a dedus anumite legi fizice și chimice certe care fie descriu, fie determină diversele tipuri de interacțiune ale materiei din univers. Dacă nu ar fi funcționat în acord cu astfel de legi, materia nu ar fi evoluat niciodată până la apariția oamenilor. (Capitolele 6, 7, 8, 9 și 10)
18. Pe lângă aceste legi fizice și chimice, este nevoie ca valorile a șase parametri cosmologici să fie reglate fin pentru a produce un univers care să permită evoluția materiei până la nivelul de complexitate al atomilor și moleculelor din care suntem formați. Mai mult, valorile a două constante non-dimensionale trebuie să fie reglate fin pentru a permite apariția *oricăror* atomi sau molecule. Valorile a trei parametri în nucleosinteza stelară trebuie să fie reglate fin, încât să permită sinteza unei cantități suficiente de carbon necesar pentru evoluția moleculelor organice esențiale pentru existența oamenilor și a tuturor formelor de viață cunoscute. (Capitolele 7 și 9)
19. Nici o teorie nu explică de ce există aceste legi și de ce acești parametri au exact valorile pe care le au. Mai multe tipuri de conjecturi ale multiversului susțin ideea că, într-un cosmos care conține un număr incredibil de mare sau chiar infinit de universuri, devine extrem de probabil să existe un univers care să aibă exact aceleași trăsături ca al nostru; pur și simplu se întâmplă să trăim într-un astfel de univers (universul antropic). Asemenea conjecturi nu pot fi confirmate sau infirmate prin observație sau experiment și se află, astfel, în afara tărâmului științei. Mai mult, toate tipurile de teorii ale multiversului au la bază o logică discutabilă. (Capitolul 7)
20. Complexificarea inițială la scară mică, ce a produs cele 95 de elemente de origine naturală, a avut drept cauză anumite transformări ale energiei care au început în interiorul stelelor, mai ales între energia gravitațională potențială și masa de repaus, energia cinetică, termică și luminoasă. Transformările ulterioare ale acestor energii, constrânse de condițiile teoriei cuantice, au produs atomi și mai

complecși, iar aceștia au format molecule. Ipotezele bazate pe sistemele auto-organizatoare explică, pe baza anumitor dovezi empirice, cum poate un sistem deschis de molecule să crească în complexitate datorită unui flux de energie și materie care produce un nou sistem aflat departe de echilibru. (Capitolele 9 și 10)

21. Cosmologia ortodoxă nu reușește până în acest moment să ofere o explicație satisfăcătoare pentru cauza complexificării la scara universului. Explicația cu privire la modul în care au apărut primele neomogenități ale materiei – prin presupusul fenomen de expansiune inflaționară a fluctuațiilor cuantice la Big Bang sau într-un presupus vid inițial – este atât de flexibilă, încât devine netestabilă. Presupusa validare prin observarea fluctuațiilor din radiația cosmică de fond a întâmpinat rezerve serioase din partea multor cosmologi reputați. Explicația prezumtivă a felului în care astfel de neomogenități au dus la formarea de câmpuri gravitaționale suficient de puternice în interiorul norilor primordiali de atomi și molecule pentru a permite producerea de sisteme solare și galaxii rotitoare, grupuri locale și roiuri de galaxii, apoi superroiuri în formă de coală despărțite de bule de vid este modelul *bottom up* al materiei-întunecate-reci-necunoscute-și-al-energiei-întunecate-necunoscute. Observațiile cu privire la gigantele roșii, faptul că au fost descoperite fier și alte metale în galaxii care sunt prea tinere, plus observarea unor structuri mult mai mari decât prezicea modelul ridică serioase semne de întrebare asupra acestuia. Mai mult, cosmologii nu se pun de acord în privința felului în care a apărut prima generație de stele și nu știu nici care au fost primele structuri din univers: au fost propuse pe rând roiurile globulare, găurile negre supermasive sau stelele cu masă mică. (Capitolele 8 și 10)
22. Tiparul creșterii în complexitate contrazice principiul științific al creșterii entropiei (dezordinii). Actuala cosmologie ortodoxă explică că aceste creșteri în complexitate (descreștere în entropie) apare în sistemele locale, deschise și sunt compensate de creșteri în entropie mult mai mari în alte părți ale universului. Dar, din moment ce universul este un sistem închis, izolat, ipoteza de mai sus nu poate explica creșterea în complexitate (scăderea entropiei) în cadrul universului ca întreg. Modelul cosmologic al stării cvasistaționare, care propune un univers infinit, trecând prin faze ciclice continue, nu se confruntă cu o astfel de problemă, pentru că entropia este aceeași la începutul și la sfârșitul ciclului; precum cosmologia ortodoxă, el are o problemă cu principiul conservării energiei, pentru că minibang-urile pe care le stipulează implică crearea materiei-energie din nimic. Cosmologia

plasmei propune un univers etern, dar unul care începe cu o plasmă dezordonată sau cu o altă stare primordială nedeterminată care evoluează pentru a produce stări mai complexe ale materiei precum galaxiile, roiurile de galaxii și superroiurile, pe baza unor filamente în formă de vortex constrânse magnetic. La fel ca model ortodox, acest model propune un proces antientropic care intră în contradicție cu principiul creșterii entropiei. Mai mult, este greu de înțeles cum anume un univers care are un început poate fi etern. (Capitolele 5 și 10)

23. Problema ar putea fi rezolvată pentru modelul ortodox actual dacă:
    a. complexificarea încetează, procesul se inversează, iar universul se contractă pentru a ajunge iarăși la entropia maximă printr-un Big Crunch sau dacă universul se extinde până la punctul de maximă dezordine și ajunge la echilibrul termodinamic al morții termice, dar predicțiile despre soarta universului sunt doar speculații care s-au modificat radical de mai multe ori în ultimii o sută de ani; sau
    b. universul este un sistem deschis care este ținut departe de echilibru de un flux continuu de energie, dar asta ne dă de înțeles că universul nu conține tot ceea ce există și nu explică de unde provine fluxul de energie; sau
    c. o formă sau mai multe forme de energie care nu au fost încă identificate de cosmologie sunt implicate în transformările energetice și în schimbările de complexitate asociate.

PARTEA A DOUA

Apariția și evoluția vieții

CAPITOLUL 12

O planetă potrivită pentru viață

> În secolul nostru, biosfera a căpătat un cu totul alt sens; acum este privită ca un fenomen planetar cu un caracter cosmic.
>
> —Vladimir Vernadski, 1945

Întrebarea mai largă cu privire la posibila apariție a unor forme de viață exotice în univers depășește orizontul călătoriei noastre, care se concentrează asupra teoriilor științifice statornicite și asupra dovezilor ce susțin evoluția umană. De aceea, partea a doua discută apariția și evoluția vieții pe pământ.

Prima parte a arătat că cele mai complexe forme de materie despre care știm în acest moment că au evoluat la scară mică în spațiul interstelar și pe asteroizii din sistemul nostru solar sunt alcătuite din molecule organice care cuprind până la 13 atomi. Prin contrast, Pământul găzduiește cele mai complexe lucruri cunoscute până acum în univers: ființele umane. Însă oamenii și alte forme de viață trăiesc doar într-o zonă minusculă a Pământului, deasupra și puțin sub suprafața acestuia. Este vorba despre biosferă sau, mai bine zis, despre „biostrat".

Voi începe partea doua încercând să arăt care sunt condițiile pentru apariția și evoluția vieții și apoi voi examina teoriile științifice care explică cum au putut apărea pe Pământ condițiile dezvoltării biosferei acestuia.

CONDIȚII NECESARE PENTRU FORMELE DE VIAȚĂ CUNOSCUTE

Există șase condiții pe care oamenii de știință le consideră necesare pentru apariția și evoluția formelor de viață cunoscute: elementele esențiale și moleculele, masa planetei, intervalul de temperatură a biosferei, sursele de energie, protecția împotriva radiațiilor nocive și a impacturilor și stabilitatea.

Elementele esențiale și moleculele

Toate formele de viață cunoscute sunt formate dintr-o mare varietate de molecule complexe. Singurul element capabil să formeze molecule de o asemenea complexitate este carbonul[i], motiv pentru care viața are nevoie de elementul carbon cel puțin în momentul apariției sale.

[i]) Vezi pagina 177.

Toți biologii consideră că apa în formă lichidă este esențială pentru viață. Iar asta se datorează mărimii, formei și distribuției specifice a sarcinii electrice într-o moleculă de apă, după cum se vede în figura 12.1.

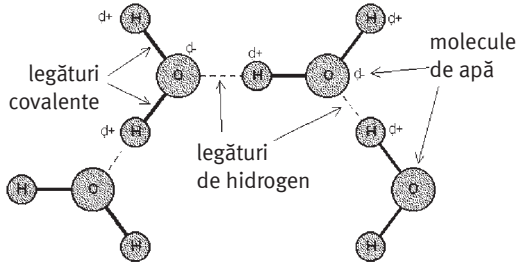


Figura 12.1 Legături de hidrogen în moleculele de apă lichidă. Unde d^+ și d^- reprezintă sarcini electrice dipolare.

O moleculă de apă este neutră din punct de vedere electric, dar, în interiorul ei, sarcinile sunt distribuite asimetric. Atomul de oxigen atrage o parte mai mare din sarcina electrică și este, astfel, electronegativ; cei doi atomi de hidrogen sunt, prin urmare, electropozitivi. Aceste sarcini dipolare le permit atomilor electropozitivi de hidrogen să formeze legături Van der Waals[i] neobișnuit de puternice cu atomii electronegativi ai altor molecule; acestea sunt cunoscute și sub numele de legături de hidrogen. Figura 12.1 arată cum se formează astfel de legături de hidrogen cu alte molecule de apă. Puterea lor arată cum apa poate rămâne în stare lichidă la temperaturi mult mai mari decât reușesc alte molecule mici, precum metanul, dioxidul de carbon sau amoniacul, care se disociază în molecule distincte sub formă de gaz când ating temperaturi potrivite. Apa există în stare lichidă în condiții atmosferice normale într-un interval larg de temperaturi, de la 0 la 100° C (de la 273 la 373 grade Kelvin), care reprezintă intervalul ideal pentru a genera reacțiile biochimice necesare reproducerii și menținerii formelor de viață.

Capacitatea acestor mici molecule de a forma legături de hidrogen face de asemenea din apa lichidă un solvent puternic atât pentru compușii ionici, precum sărurile, cât și pentru molecule organice care au la rândul lor sarcina electrică distribuită asimetric, precum aminoacizii, atât de importanți pentru formele de viață cunoscute, încât sunt considerați elementele fundamentale ale vieții.

Legăturile de hidrogen se pot dovedi mai puternice decât cele covalente, unind atomul de oxigen cu doi atomi de hidrogen. În urma acestui proces,

[i]) Vezi pagina 177.

cei doi atomi de hidrogen sunt separați și rezultă un ion de hidroniu pozitiv, H_3O^+, și un ion de hidroxil negativ, OH^-.

$$H_2O + H_2O \rightarrow H_3O^+ + OH^-$$

Acești ioni transformă apa lichidă într-un foarte bun conductor de electricitate.

Faptul că apa este un bun solvent și un bun conductor face din ea mediul ideal pentru producerea anumitor bioprocese esențiale, precum dizolvarea și transportul elementelor nutritive prin membranele semiporoase din interiorul organismelor vii și dizolvarea și transportul deșeurilor.

Ingredientele esențiale pentru conservarea vieții pornesc de la elemente ușoare, cum sunt hidrogenul, oxigenul și carbonul, și ajung până la elemente grele. De exemplu, molibdenul ajută la fixarea nitrogenului, reacție în care moleculele în general nereactive de nitrogen sunt transformate în compuși mai reactivi, o etapă-cheie în metabolismul plantelor, ce constă într-o serie de reacții biochimice prin intermediul cărora planta obține energia și elementele nutritive de care are nevoie pentru a supraviețui. Pentru că animalele mănâncă plante, iar oamenii mănâncă atât plante, cât și animale, fixarea nitrogenului este un pas-cheie atât în metabolismul plantelor, cât și în cel al oamenilor.

Elemente radioactive mult mai grele, precum uraniul sau torul, generează căldură prin dezintegrarea lor radioactivă. După cum vom vedea mai târziu, cei mai mulți geofizicieni sunt de părere că energia termică eliberată de aceste elemente este responsabilă cu mișcarea plăcilor tectonice și astfel cu deplasarea continentelor, care joacă un rol crucial în evoluția vieții.

Masa planetei

Cuantificarea acestui factor e dificilă, pentru că depinde de mulți alți parametri, precum distanța față de Soare, luminozitatea acestuia, mărimea și densitatea planetei.

În general, dacă masa unei planete este prea mică, câmpul ei gravitațional nu va fi suficient de puternic pentru a reține gazele din atmosferă sau substanțele volatile, precum apa de la suprafață. O planetă cu masa mică s-ar fi răcit relativ repede după formare și ar fi fost lipsită de activitatea tectonică necesară evoluției vieții. Majoritatea specialiștilor consideră că, pentru a permite apariția vieții, masa unei planete ar trebui să nu fie mai mică decât o treime din masa Pământului.[1]

Nu există însă un consens în ceea ce privește limita superioară. Perspectiva convențională este aceea că o planetă cu o masă de zece ori mai mare decât cea terestră ar atrage o cantitate semnificativă de gaz din discul său nebular, ceea ce ar duce la transformarea ei într-un gigant gazos impropriu

pentru formele de viață cunoscute.[2] Pe de altă parte, echipa însărcinată cu definirea obiectivelor științifice și tehnologice ale programului Terrestrial Planet Finder al NASA susține că o masă mare nu influențează în mod necesar capacitatea unei planete de a găzdui viața.[3]

Intervalul temperaturilor

Temperatura nu trebuie să fie atât de ridicată încât să se rupă legăturile moleculare organice complexe, dar nici atât de scăzută încât reacțiile biochimice esențiale să se producă prea lent pentru a genera molecule complexe și reacții metabolice esențiale. Biofizicianul Harold Morowitz estimează un interval de temperatură de aproximativ 500° C.[4] Totuși, din moment ce biologii consideră că apa lichidă e esențială pentru viață, intervalul se reduce considerabil. La anumite presiuni și în funcție de alte circumstanțe, apa în stare lichidă poate exista undeva între 0° C și 100° C la presiunea atmosferică normală a Pământului.

Surse de energie

Pentru a produce temperaturile esențiale vieții, o planetă trebuie să aibă surse de energie. Principala sursă de la suprafața planetei este energia electromagnetică emisă de steaua ei. Înainte, estimarea temperaturii suprafeței unei planete se calcula înmulțind luminozitatea stelei (energia radiată pe secundă) cu distanța planetei față de steaua sa. Intervalul de distanțe care produc o temperatură de suprafață între 0° C și 100° C a fost numit zonă locuibilă circumstelară (ZLC).

Însă era un calcul mult prea simplist. În primul rând, o parte (numită albedo) din radiația totală care ajunge la planetă este reflectată înapoi de nori sau de gheață. În al doilea rând, cantitatea de energie care ajunge la suprafață depinde de intervalul de timp în care suprafața respectivă este îndreptată către stea, lucru care depinde la rândul său de durata perioadei de rotație în jurul propriei axe; o parte din această energie solară, ce se situează la lungimi de undă vizibile și încălzește suprafața planetei, este trimisă înapoi în întunericul nopții stelare, la lungimi de undă termice superioare, când planeta nu mai are acea față îndreptată către stea. În al treilea rând, cantitatea de energie care este trimisă înapoi depinde de gazele ce alcătuiesc atmosfera planetei. Astfel, gaze precum dioxidul de carbon, vaporii de apă și metanul absorb această energie termică și radiază înapoi o parte din ea, generând efectul de seră.

În plus, pot exista și alte surse de energie, precum căldura ce provine din interiorul planetei, care poate fi generată de dezintegrarea radioactivă sau reprezintă căldură reziduală produsă de procesele de formare a planetei. Efectul acestei forme de căldură geotermală asupra suprafeței planetei

este scăzut, dar generează activitate vulcanică, care creşte la rândul ei nivelul carbonului în atmosferă, contribuind mai departe la efectul de seră.

Protecția față de radiațiile nocive și impacturi

Nu toate radiațiile care provin de la o stea contribuie la generarea unor reacții biochimice esențiale. La anumite niveluri de intensitate, frecvența unor tipuri de radiații, precum cea ultravioletă, poate afecta în mod ireparabil organismele, în timp ce exploziile solare – izbucniri intense de radiație electromagnetică şi electroni, protoni şi alți ioni de energie înaltă – pot disipa atmosfera planetei. Pentru a putea exista forme de viață, biosfera planetei trebuie să fie protejată de astfel de radiații nocive.

Pe de altă parte, biosfera are nevoie de protecție față de impactul cometelor şi asteroizilor suficient de mari pentru a distruge formele de viață complexe.

Stabilitatea

Aceste condiții trebuie să rămână stabile suficient de mult timp încât să permită organismelor simple să apară din moleculele esențiale şi să evolueze până la stadiul de ființe complexe, de genul celor umane.

FORMAREA PĂMÂNTULUI ŞI A BIOSFEREI

Am să încep prin a trece în revistă ce ne spune ştiința despre Pământ şi despre biosfera sa, iar apoi voi examina teoriile care descriu felul în care s-au format acestea.

Caracteristicile Pământului

Pământul este aproximativ sferic, cu o uşoară protuberanță în zona ecuatorului, şi are un diametru mediu de 12.700 km. Are o masă de 6×10^{24} kilograme şi un puternic câmp magnetic. Se învârte în jurul stelei sale, Soarele, într-un plan uşor eliptic cu o durată de 365 de zile şi un sfert, la o distanță medie de 149 de milioane de kilometri. Se roteşte la fiecare 24 de ore în jurul propriei axe, care este înclinată la 23,5 grade în raport cu perpendiculara față de planul eliptic al orbitei, după cum se vede în figura 12.2.

La o distanță medie de 384.400 de kilometri față de Pământ îşi descrie propria orbită singurul său satelit natural, Luna. Cu un diametru de aproximativ un sfert din cel al Pământului (şi de aproximativ trei sferturi din cel al planetei Mercur), Luna este neobişnuit de mare în raport cu dimensiunea planetei sale.

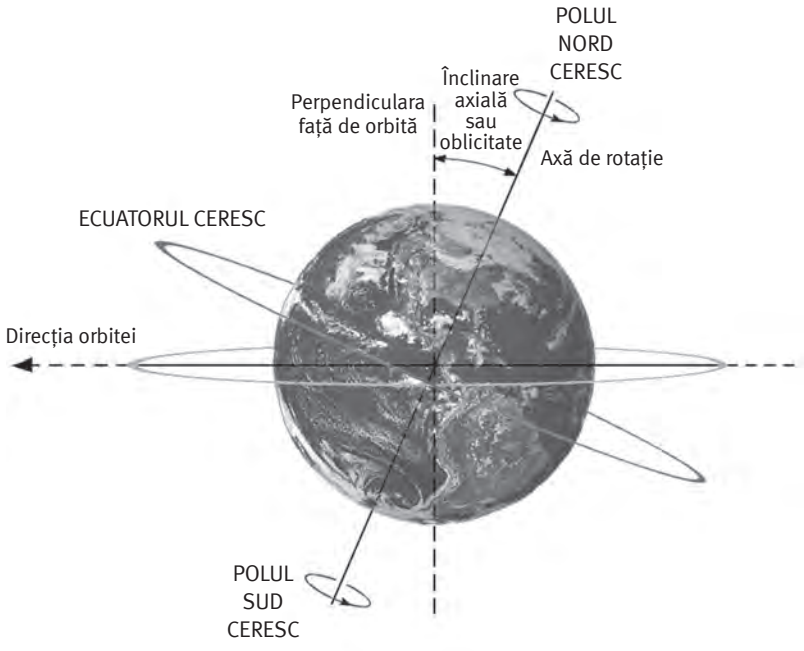


Figura 12.2 Pământul, cu axa sa de rotație înclinată cu 23,5° în raport cu perpendiculara față de planul orbital.

Structura internă

Imposibilitatea de a avea acces direct în interiorul Pământului, combinată cu diferite interpretări ale datelor, precum tiparul undelor produse de cutremure, nu permite unor ramuri ale geologiei să aibă rezultate concludente. Figura 12.3 arată structura internă a Pământului potrivit consensului științific din acest moment.

Hidrosfera

Aproximativ două treimi din suprafața Pământului sunt acoperite cu apă sub formă de oceane, mări și râuri. Adâncimea acestei hidrosfere variază de la 0 la 5 kilometri.

Atmosfera

Stratul gazos al Pământului se întinde până la 10.000 de kilometri deasupra suprafețelor solide și lichide, însă primii 65–80 de kilometri conțin 99% din masa atmosferei terestre. În funcție de densitate, atmosfera cuprinde aproximativ 78% nitrogen, 20% oxigen, 1% argon, restul de 1% fiind alcătuit dintr-un amestec de alte gaze, inclusiv vapori de apă, a căror concentrație crește odată cu temperatura, precum și din 0,003 dioxid de carbon; iar

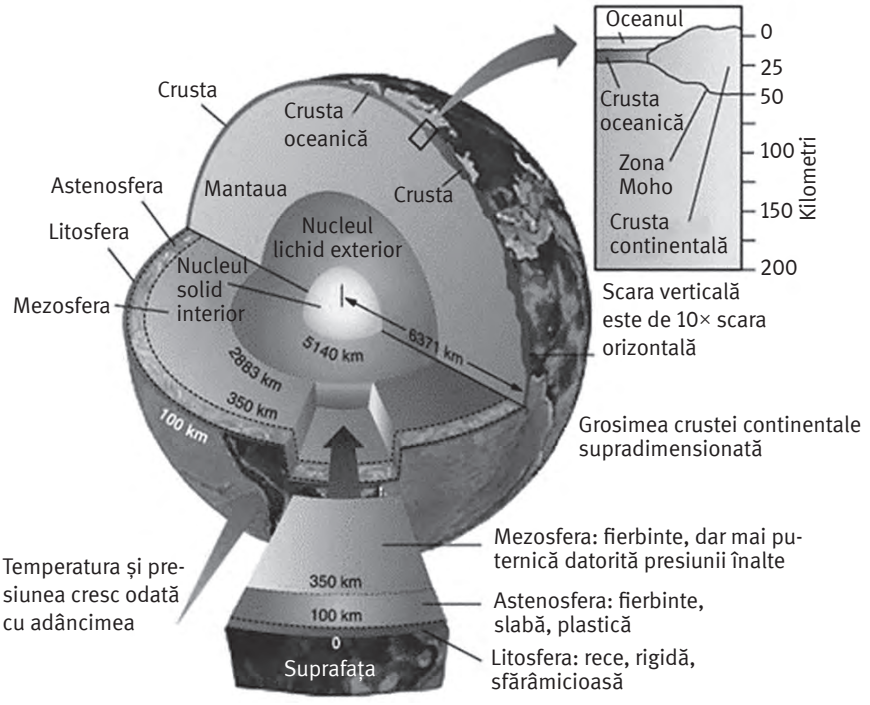


Figura 12.3 Diagrama structurii Pământului.

stratul situat la aproximativ 19–50 de kilometri deasupra suprafeței conține ozon, o formă de oxigen alcătuit din molecule cu trei atomi în loc de doi.

Magnetosfera

În principiu, câmpurile magnetice se întind la nesfârșit. În practică, câmpul magnetic al Pământului produce efecte până la zeci de mii de kilometri de la suprafață, iar spațiul în care se manifestă formează magnetosfera. După cum se vede în figura 12.4, vântul solar afectează forma sferică tipică a magnetosferei.

Biosfera

Biosfera conține toate condițiile de mediu capabile să susțină viața așa cum o cunoaștem. Este vorba despre o coajă subțire ce se întinde până la 5 kilometri sub și 5 kilometri deasupra nivelului mării, acoperă o parte din litosferă (învelișul exterior al Pământului), cea mai mare parte a hidrosferei și parte din atmosferă.

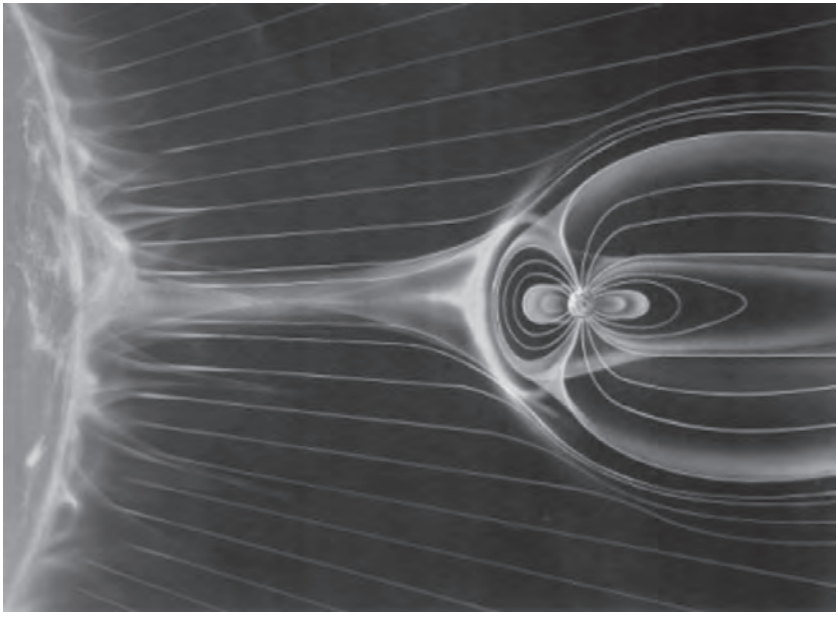


Figura 12.4 Forma magnetosferei Pământului distorsionată de vânturile solare.

Formarea

Dovezile

Sunt greu de găsit dovezi care să explice apariția Pământului și a sferelor sale exterioare. La suprafață nu mai există rămășițe ce au contribuit la formarea planetei: rocile au suferit eroziuni în urma intemperiilor, au fost transformate de căldură și presiune (ceea ce a dus la anumite modificări structurale și chimice) ori s-au topit din cauza temperaturilor ridicate în timp ce erau împinse în interior prin intermediul unui proces numit subducție; datarea rocilor de la suprafață este încă controversată, dar se crede că cele mai vechi au în jur de 3,8 miliarde de ani, cu 700 de milioane de ani mai tinere decât formarea Pământului. Hidrosfera a suferit nenumărate cicluri ce includ evaporarea sub formă de vapori de apă urmată de ploaie, grindină sau ninsoare. Atmosfera a fost complet transformată de procese biochimice pe care le voi discuta mai târziu.

Oamenii de știință au folosit inferențe pentru a formula ipoteze cu privire la formarea Pământului, pornind în principal de la procesele de formare stelară observate în alte părți ale universului, de la examinarea meteoriților despre care se crede că sunt similari planetezimalelor ce s-au agregat pentru a da naștere Pământului și de la datarea rocilor și a altor compuși situați la suprafața planetei noastre, precum și a magmei expul-

zate din interior. Aceştia s-au mai folosit de analiza fizico-chimică şi de datarea rocilor de pe Lună şi de pe Marte, precum şi de alte date obţinute cu ajutorul sondelor spaţiale de pe majoritatea planetelor din sistemul nostru solar.

Datarea precisă este foarte importantă pentru determinarea proceselor evolutive. Datarea comparativă, bazată pe observarea stelelor aflate în diferite etape ale procesului de evoluţie, precum şi pe studii ale fuziunii nucleare, este folosită pentru a explica modificările mărimii şi luminozităţii Soarelui odată cu trecerea timpului.

Datarea radiometrică (sau radioizotopică) ne pune la dispoziţie o metodă puternică şi de mare precizie de datare a mostrelor numai dacă pot fi determinaţi anumiţi parametri. De exemplu, oamenii de ştiinţă au stabilit că timpul de înjumătăţire al izotopului carbon-14 este de 5.730 de ani. Asta înseamnă că în 5.730 de ani o jumătate din orice cantitate de carbon-14 va suferi o dezintegrare radioactivă ce o va transforma în izotopul stabil nitrogen-14. Oamenii de ştiinţă au stabilit de asemenea care este proporţia normală dintre carbon-14 şi carbon-12, un izotop stabil şi mai des întâlnit prezent în compuşii de carbon de origine naturală. Determinarea proporţiei corecte dintr-o mostră de rocă ne arată cât carbon-14 s-a pierdut prin dezintegrare; un simplu calcul va determina cât a durat acest proces şi, astfel, cât de veche este mostra. Tehnici similare sunt folosite pentru elementele radioactive, precum uraniu-238, cu o perioadă de înjumătăţire de 4,6 miliarde de ani, şi tor-232, care trece prin acelaşi proces în 14 miliarde de ani.

Ipotezele ce rezultă din aceste date obţinute prin observaţie şi experiment, la care se adaugă modelele computerizate, explică formarea Pământului şi a sferelor sale după cum urmează.

Planeta

Ipoteza generală a formării nebulare, rezumată în capitolul 8[i], ne oferă o descriere a naşterii planetei. În cazul de faţă, în urmă cu aproape 4,6 miliarde de ani cea mai mare parte a unui disc în rotaţie cu un diametru de aproximativ 24 de miliarde de kilometri s-a contractat în spirală până când a devenit o minge masivă de hidrogen, temperatura şi densitatea acesteia crescând până în punctul în care nucleul său a fost cuprins de fuziune nucleară şi a dat naştere Soarelui.

Formarea discului nu a fost perfectă. În acele condiţii turbulente, anumite porţiuni de materie, în principal gheaţă şi praf, au început să se mişte pe orbite excentrice în jurul Soarelui, într-un anumit unghi faţă de disc; aceste bucăţi de materie sunt cunoscute sub numele de comete.

[i]) Vezi pagina 159.

Din materialul rămas în discul rotitor, vântul solar – ioni și electroni proveniți de la Soarele arzător – a împins hidrogenul și heliul către regiunile exterioare, mai reci, ale discului, unde vor deveni nebuloase planetare – insuficient de dense sau de fierbinți pentru a începe fuziunea nucleară – care vor ajunge să formeze cele patru planete gigantice gazoase exterioare.

Moleculele mai grele, formate din hidrogen și alte elemente – precum metanul (CH_4), vaporii de apă (H_2O) sau hidrogenul sulfurat (H_2S) –, au rămas în regiunile interioare ale discului, unde anumite fărâme de praf, în special silicați, s-au ciocnit în mod repetat, uneori respingându-se, alteori aderând unele la altele. Atunci când au aderat au format fragmente ceva mai masive, cu un câmp gravitațional mai puternic, care a atras frânturi mai mici de materie și gaze ușoare. Au apărut apoi fragmente de mărimea unor pietricele care s-au transformat treptat în planetezimale[i] cu un diametru de câțiva kilometri. Ciocnirile haotice dintre planetezimale au făcut ca unele să se rupă în bucăți, în timp ce altele s-au unit și au dat naștere unor corpuri mai masive.

La granița dintre regiunea interioară și cea exterioară, planetezimalele care erau prea depărtate unele de altele și se aflau la o distanță prea mare de cel mai apropiat gigant gazos, Jupiter, pentru a fi atrase pe orbita lui au ajuns să se rotească în jurul Soarelui în ceea ce numim acum centura de asteroizi.

Mai aproape de Soare, unde planetezimalele nu se aflau la distanțe mari unele de altele, au avut loc mult mai multe ciocniri și, în consecință, s-au format treptat patru protoplanete ce dominau centura orbitală a discului. Fiecare dintre ele a crescut printr-un proces violent de acreție, pe măsură ce câmpurile lor gravitaționale tot mai puternice au început să atragă cu aviditate planetezimalele rămase în regiunile pe care le parcurgeau în jurul Soarelui. Aceste planetezimale s-au izbit și au fuzionat cu protoplanetele, generând foarte multă căldură; aceasta, combinată cu căldura produsă prin dezintegrarea anumitor elemente radioactive din interiorul planetei, precum uraniul sau torul, cu cea generată de energia gravitațională potențială datorată condensării maselor gazoase, la care se adăuga căldura Soarelui, a fost suficientă pentru a topi o mare parte din fiecare protoplanetă. Odată cu absorbția majorității planetezimalelor din centură, faza de acreție s-a încheiat, probabil undeva între 400 și 700 de milioane de ani după ce Soarele s-a aprins. Tocmai s-a născut o planetă formată din rocă topită și cu o atmo-

[i]) Un planetezimal se referă de obicei la un corp de dimensiuni reduse format în etapele timpurii ale nașterii planetelor, și nu doar la dimensiunile unui corp dintr-un sistem solar.

sferă alcătuită în special din vapori de silicați.[i] Pământul, a treia planetă de la Soare, a intrat în era hadeană (infernală) de acreție acum aproximativ 4,56 miliarde de ani și a ajuns la actuala masă cu 4 până la 3,9 miliarde de ani în urmă.[5]

Nucleul de fier

Căldura generată de bombardamentul planetezimalelor în faza de acreție a Pământului a fracționat amestecul topit. Elementele mai grele s-au scufundat către centrul planetei. Cel mai abundent element a fost, de departe, fierul. Astfel, miezul planetei a ajuns să fie alcătuit preponderent din fier, împreună cu ceva nichel, următorul element ca abundență. Analizele meteoriților bogați în fier, laolaltă cu densitățile elementelor deduse pornind de la datele seismice, susțin această ipoteză.[6]

Odată cu încheierea procesului de acreție generatoare de căldură, nucleul a început să se răcească pornind chiar din centru, care s-a solidificat sub forța unei presiuni imense, în vreme ce partea lui exterioară a rămas topită.

Câmpul magnetic

Dovezile furnizate de rocile de la suprafață arată că, în decursul ultimilor 330 de milioane de ani, câmpul magnetic al planetei și-a schimbat orientarea de peste 400 de ori, adică polul nord a devenit polul sud și viceversa. Timpul scurs între aceste schimbări variază de la mai puțin de 100.000 de ani la câteva zeci de milioane. Ultima inversare s-a produs acum aproximativ 780.000 de ani.

În ultimul secol, polul nord magnetic s-a deplasat cu 1.100 de kilometri. În plus, monitorizarea acestor mișcări începând cu 1970 a arătat că rata este în creștere și că polul se deplasează cu aproximativ 40 de kilometri în fiecare an.[7]

Specialiștii nu înțeleg de fapt cum s-a format acest câmp magnetic. Cei mai mulți experți în geoștiințe planetare susțin ipoteza dinamului, conform căreia mișcarea unui material conductor electric printr-un câmp magnetic existent crește intensitatea câmpului magnetic inițial. În acest caz, rotația Pământului face ca fierul lichid din stratul exterior al nucleului, care este conductor electric, să circule în jurul axei de rotație, generând un câmp magnetic cu polul nord acolo unde se află polul nord axial (sau geografic) și cu polul sud la polul sud axial. Asta nu explică însă de ce polii

[i]) O protoplanetă devine planetă după ce a atras toate planetezimalele și alte resturi de pe orbita sa și a căpătat o masă și un volum relativ constante. Vezi glosarul pentru o definiție mai detaliată a *planetei*, care ia în calcul redefinirea din 2006 făcută de Uniunea Astronomică Internațională.

magnetici s-au schimbat atât de neregulat și de ce polii se deplasează cu o rată tot mai mare. James Kasting, specialist în fizica atmosferei de la Universitatea de Stat din Pennsylvania, sugerează că aceasta se întâmplă pentru că dinamul este un sistem haotic.[8]

Totuși, în 2009 Gregory Ruskin, profesor asociat de inginerie chimică și biologică la Universitatea Northwestern, Illinois, a lansat ipoteza controversată potrivit căreia fluctuațiile câmpului magnetic al Pământului se datorează mișcării oceanelor. Sarea din apa marină este conductoare de electricitate, generând câmpuri electrice și magnetice. În Atlanticul de Nord, schimbările din curenții oceanici se corelează cu modificările magnetice din vestul Europei.[9] În trecut, mișcările plăcilor tectonice au modificat rutele curenților oceanici, ceea ce ar fi putut genera inversarea polilor magnetici.

Scoarța, litosfera și mantaua

La sfârșitul fazei de acreție a Pământului, căldura provenită de la bombardamentul cosmic a încetat, iar suprafața a început să se răcească pe măsură ce mișcarea de rotație a început să oprească expunerea continuă la Soare, căldura fiind risipită în noaptea cosmică.

Silicații topiți și sub formă de vapori au început să se condenseze, cei mai ușori la suprafață și cei mai bogați în elemente grele la bază. Silicații mai ușori, aflați în partea exterioară, s-au răcit primii, formând crusta rigidă, adică partea superioară a mantalei, după care au urmat răcirea și solidificarea stratului următor al mantalei, cel dintre crustă și partea exterioară a nucleului. Cea mai mare parte a mantalei a rămas fierbinte, dar presiunea materiei de deasupra a forțat-o să se solidifice, deși într-o formă ductilă.

Răcirea uniformă provocată dinspre exterior a unei asemenea mingi topite ar fi trebuit să ducă la apariția unor straturi fine cu o adâncime uniformă în scoarță, stratul exterior al mantalei, și așa mai departe. Totuși, la nivelul scoarței vedem munți, văi, vulcani și câmpii, separate de oceane vaste și adânci. Au fost formulate mai multe ipoteze pentru a explica această topografie. Pe la sfârșitul secolului al XIX-lea, geologii au adoptat ideea unuia dintre cei mai iluștri reprezentanți ai lor, austriacul Eduard Suess: după ce s-a răcit, Pământul a început să se încrețească, asemenea unui măr pus la cuptor. În ciuda mișcărilor verticale vizibile, ideea că oceanele și continentele sunt caracteristici permanente ale scoarței terestre a devenit teorie geologică acceptată de majoritatea specialiștilor.

Bazându-se pe observații făcute anterior care arătau că toate continentele seamănă mai mult cu niște piese de puzzle ce se potrivesc unele cu altele, un austriac în vârstă de 32 de ani, numit Alfred Wegener, a lansat, în 1912, o ipoteză alternativă pe care a numit-o „derivă continentală". Potrivit acestei teorii, un supercontinent, numit Pangeea, s-a rupt și diferitele sale

fragmente de mărimea unor continente s-au deplasat în mai multe direcții. Geologia ortodoxă a respins această idee, considerând-o scandaloasă.

Wegener a continuat să lucreze la această ipoteză și în 1921 a publicat o versiune revizuită și extinsă a cărții sale, pentru a-și justifica teza. Acum aducea dovezi ale prezenței unor structuri geologice identice pe coasta de est a Americii de Sud și pe coasta de vest a Africii, laolaltă cu rămășițe fosile identice și pe alte continente aflate la distanțe mari. Ortodoxia a ignorat sau a respins dovezile geologice; Wegener era, până la urmă, doar un meteorolog. Pentru a explica dovezile fosile, s-a recurs la ideea unor punți terestre care legau continentele, dar care au dispărut între timp. Ideea lui Wegener era în mod evident absurdă: ce forțe ar fi reușit să deplaseze lucruri atât de masive precum continentele?

În 1944, geologul englez Arthur Holmes a oferit o explicație. Căldura generată de dezintegrarea radioactivă a elementelor din interiorul Pământului furnizează energia necesară pentru a desprinde și a deplasa continentele. Cu excepția unui mic număr de susținători ai ipotezei derivei continentale, majoritatea geologilor au continuat să susțină poziția ortodoxă, respingând ipoteza și considerând-o o fantezie extravagantă.

De-a lungul anilor, dovezile s-au tot acumulat. Oceanografii au descoperit că toată crusta oceanică e remarcabil de tânără, având numai 55 de milioane de ani, în comparație cu cea terestră, care are 2,3 miliarde ani, unele roci având chiar 3,8 miliarde. Au descoperit o serie de lanțuri muntoase enorme, lungi de 50.000 de kilometri, care se ridicau de pe fundul oceanelor și înconjurau planeta asemenea unei cusături pe o minge de baseball. Crestele acestor lanțuri muntoase semioceanice erau formate din roci foarte tinere ce manifestau aceeași polaritate magnetică pe care o observăm astăzi. De-o parte și de alta, straturile de rocă își alternau polaritatea magnetică. Aceste alternări erau identice cu succesiunea de inversări magnetice deja cunoscute pornind de la fluxurile de lavă și folosite pentru a data straturile de rocă, ceea ce a demonstrat că vechimea rocii crește odată cu distanța față de creastă (vezi figura 12.5). Succesiunea temporală a inversărilor magnetice a oferit un sprijin solid ideii potrivit căreia magma din interior a fost împinsă prin creasta unei dorsale oceanice, rupând în două scoarța formată anterior și împingând-o în lateral. După ce s-a răcit, această regiune a înregistrat polaritatea magnetică a Pământului la acel moment.

Lawrence Morley, un geolog canadian, a adunat mai multe dovezi pentru a furniza o explicație coerentă a tuturor datelor, dar revistele științifice aderau în acel moment la perspectiva ortodoxă și au respins articolul propus de el în 1963. *Journal of Geophysical Research* a respins articolul susținând că „nu este genul de studiu ce poate fi publicat sub auspicii științifice serioase“[10].

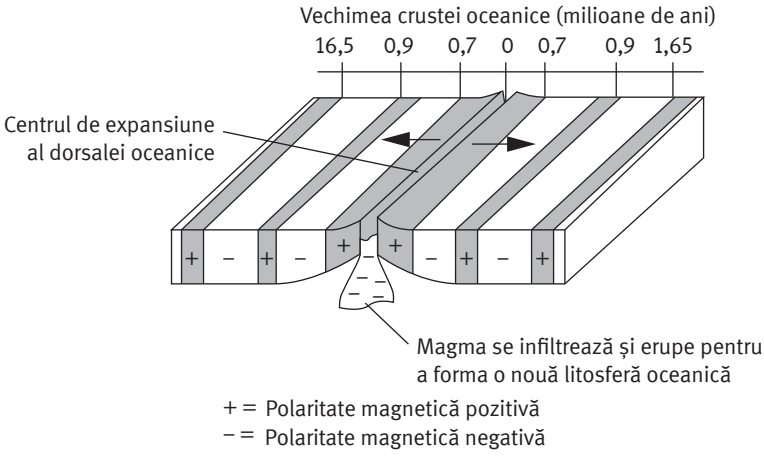

Vechimea crustei oceanice (milioane de ani)
16,5 0,9 0,7 0 0,7 0,9 1,65
Centrul de expansiune
al dorsalei oceanice
Magma se infiltrează și erupe pentru
a forma o nouă litosferă oceanică
+ = Polaritate magnetică pozitivă
− = Polaritate magnetică negativă

Figura 12.5 Straturi de rocă de polaritate magnetică alternantă, situate de ambele părți ale unei dorsale oceanice. Succesiunea inversărilor magnetice este identică cu succesiunea inversărilor observate în fluxurile de lavă continentală și este folosită pentru a data straturile de rocă.

Drummond Matthews, de la Universitatea Cambridge, și studentul său Fred Vine au avut mai mult noroc. Lucrând independent de Morley, au ajuns la același rezultat, iar revista *Nature* le-a publicat rezultatele spre sfârșitul anului 1963. Vine și Matthews au renunțat la sintagma „derivă continentală", pentru că nu doar continentele se deplasaseră. În 1968, teoria lor a fost numită „tectonica plăcilor" și, întocmai ca în cazul unei schimbări kuhniene de paradigmă, majoritatea geologilor au adoptat această nouă ortodoxie.[11]

Teoria se dezvoltă încă și anumite elemente se află încă în dezbatere. Totuși, spre deosebire de modelul cosmologic anterior, aici avem de-a face cu o teorie științifică. A produs retrodicții unice, confirmate de cercetare: de exemplu, cu privire la locurile unde ar putea fi descoperite fosile identice din anumite perioade. A produs și predicții unice, confirmate de observație: de exemplu, cu privire la locurile ce prezintă activitate seismică și vulcanică și cu privire la deplasarea maselor continentale.

Folosindu-se de dovezi din domenii foarte diverse, precum paleontologia, oceanografia, seismologia și, mai recent, cartografierea GEOSAT (Geostationary Satellite), această teorie unificatoare explică fenomenele geologice prin intermediul formării, mișcării și interacțiunii a șapte blocuri mai mari (și a câtorva mai mici) de litosferă rigidă, numite plăci tectonice, care plutesc pe astenosferă (vezi figura 12.6).

Placa Pacificului, de exemplu, pulverizează placa nord-americană cu o rată medie de 5 cm pe an; acest fenomen produce falia San Andreas, lungă

Figura 12.6 Plăcile tectonice ale Pământului.

de aproape 1.300 km și atingând în unele locuri câteva zeci de kilometri lățime, întinsă pe două treimi din suprafața statului California.[12]

Deși nu există dovezi directe, cei mai mulți geologi consideră că forța care mișcă aceste plăci este deplasarea lentă a mantalei fierbinți și ductile ce se întinde sub plăcile solide. Se crede că, încălzită în principal prin dezintegrarea elementelor radioactive, precum uraniul și torul, mantaua se mișcă pe direcția unor curenți de convecție circulari, după cum se vede în figura 12.7.

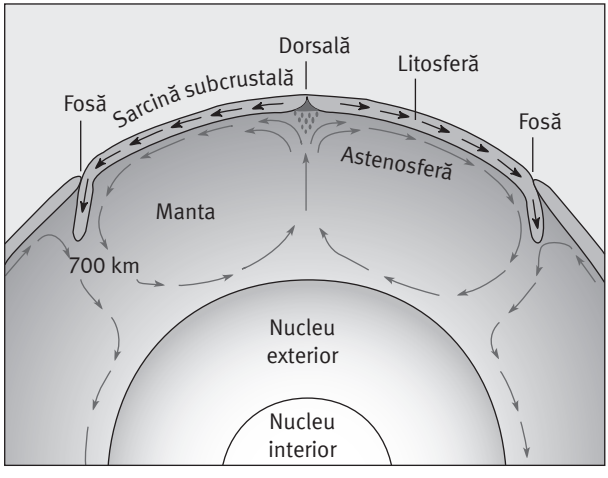


Figura 12.7 Curenți de convecție din manta care deplasează plăcile tectonice.

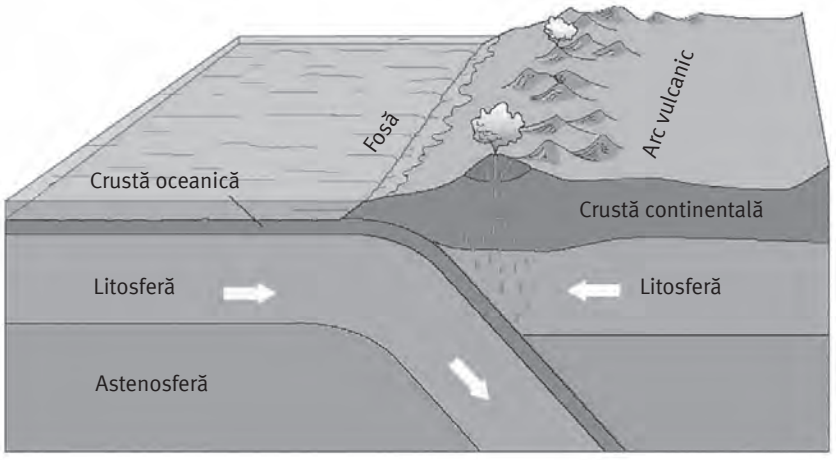


Figura 12.8 Ciocnirea lentă a unei plăci continentale cu una oceanică. Placa oceanică este „subdusă" (împinsă sub) placa continentală, creând o fisură pe fundul oceanului, formând un lanț muntos la nivelul plăcii continentale și generând activitate vulcanică.

Fenomenele geologice sunt cauzate de ciocnirea plăcilor. Figura 12.8 ilustrează ciocnirea lentă dintre o placă oceanică și una continentală.

De exemplu, magma fierbinte din interior iese forțat la suprafață printr-o falie din placa oceanică Nazca, producând o încrețire montană suboceanică și împingând totodată plăcile în lateral. Partea estică a acestei plăci se lovește lent de partea vestică a plăcii continentale sud-americane. În felul acesta, este împinsă sub placa sud-americană, într-un proces numit subducție, dispărând sub fosa Peru–Chile, în partea estică a oceanului, și ajungând apoi în manta, unde se topește. Pe măsură ce este împinsă sub placa sud-americană, aceasta forțează placa respectivă să formeze Anzii, coloana vertebrală a continentului, iar placa slăbită din această regiune formează o zonă în care cutremurele puternice și distructive, alături de apariția geologică rapidă a lanțurilor muntoase, sunt comune.

În consecință, crusta oceanică e tânără, întrucât se reciclează în permanență, pe măsură ce părțile mai vechi sunt scufundate sub placa continentală, unde se topesc, fiind înlocuite cu rocă topită din interior, care iese prin fisura oceanică și ia forma crestelor semioceanice.[13]

Teoria geologică ortodoxă actuală oferă o explicație bazată pe dovezi a formării litosferei și a evoluției ei din perioada în care supercontinentul Pangeea s-a fragmentat, acum 225 sau 200 de milioane de ani. Cât despre originea sa, se presupune că Pangeea reprezintă ultimul ciclu dintr-un proces repetat de formare și fragmentare supercontinentală, care a început acum 3 miliarde de ani.

Rămâne încă deschisă întrebarea cu privire la forma inițială a crustei și a litosferei. Măsurătorile făcute prin intermediul pulsurilor laser trimise către un retroreflector instalat pe Lună de către astronauții misiunii Apollo 11, în 1969, au arătat că satelitul nostru natural se îndepărtează de Pământ cu 3,8 cm în fiecare an.[14] Asta sugerează că Luna s-a aflat mult mai aproape de Pământ acum 4,5 miliarde de ani. Câmpul gravitațional mult mai puternic al unei Luni mult mai apropiate se poate să fi ajutat silicații mai ușori să se amestece și să se condenseze pentru a forma un supercontinent în jurul ecuatorului. Totuși, din moment ce nu există dovezi, astfel de idei sunt în mare parte speculative.

M-am ocupat pe larg de teoria plăcilor tectonice pentru că, după cum vom vedea mai târziu, mulți oameni de știință consideră că mișcarea acestor plăci și, în particular, deplasarea asociată a maselor continentale, joacă un rol crucial în evoluția biologică.

Hidrosfera și atmosfera

Nu au rămas dovezi care să arate ce fel de atmosferă a înlocuit vaporii de silicat când bombardamentul planetezimal a încetat și suprafața s-a răcit. În 2001, Stephen Mojzsis și colegii săi au susținut, bazându-se pe analiza micilor cristale de zirconiu din rocile de la Jack Hills, din vestul Australiei, că apa lichidă fusese prezentă încă de acum 4,3 miliarde de ani, 200 de milioane de ani după formarea Pământului.[15] În 2005, doi specialiști în științele pământului, E.B. Watson, de la Institutul Politehnic Rensselaer, Troy, New York și T.M. Harrison, de la Universitatea Națională Australiană, Canberra, s-au folosit la rândul lor de analiza zirconiului pentru a propune o dată și mai timpurie: 4,35 miliarde de ani.[16] Interpretarea lor a fost pusă la îndoială în mod independent de doi specialiști de la Universitatea Australiană din Canberra, Allen Nutman[17] și Andrew Glickson.[18] Înainte de aceste interpretări, metamorfismul creat de căldură și de presiune observat la cele mai vechi roci sedimentare de pe Pământ dădea de înțeles că apa nu existase pe această planetă în urmă cu mai puțin de 3,8 miliarde de ani.

Formarea hidrosferei și a atmosferei a fost mereu un subiect de dezbatere. În anii ’50 și ’60, geologii au urmat ideea lui William Rubey potrivit căreia materialele volatile au fost blocate în interiorul Pământului în timpul perioadei de formare și eliberate apoi prin intermediul fumarolelor vulcanice, un proces numit degazificare, care a dus la formarea oceanelor și a gazelor atmosferice.

Specialiștii din domeniul emergent al științelor planetare au crezut că zona orbitală a proto-Pământului a fost prea aproape de Soare și, prin urmare, prea fierbinte pentru ca planetezimalele din care s-a format să conțină elemente volatile. Aceștia au susținut mai degrabă ideea că volumul

mare de apă de la suprafața Pământului a provenit dintr-o sursă exterioară. Oceanul conține aproximativ o mie de trilioane (10^{21}) kilograme de apă. O cometă tipică conține probabil cam o mie de bilioane (10^{15}) kilograme de gheață, așa că nu ar fi necesare decât în jur de un milion de comete (10^{6}) pentru ca gheața lor topită să producă apa din oceane.[19]

Această ipoteză a fost susținută de anumite modele computerizate de acreție planetară care au arătat că Pământul timpuriu a fost bombardat nu doar de resturi aflate în zona sa orbitală, ci și de planetezimale și de comete. Ipoteza gheții cometare s-a transformat în explicație ortodoxă a formării oceanelor.

Totuși, observațiile făcute în anii 2000 asupra cometelor Halley, Hyakutake și Halle-Bopp au arătat că aceste corpuri cerești au cantități duble de deuteriu (un izotop al hidrogenului) în raport cu hidrogenul. Asta pare să respingă ipoteza formării cometare. Totuși, unul dintre susținătorii ei, Michael Mumma, cercetător de la NASA expert în comete, este neînduplecat. El susține că aceste comete vin dintr-o altă regiune a sistemului solar, iar cele care vin dinspre regiunea joviană vor indica proporția corectă. Această conjectură rămâne să fie verificată.

O ipoteză alternativă care încearcă să explice raportul observat între deuteriu și hidrogen propune teza că cea mai mare parte a apei care există acum pe pământ provine de la câțiva embrioni planetari de mari dimensiuni care s-au format într-o altă parte a centurii de asteroizi și care nu au fost captați de Pământ decât în etapa finală a formării sale.[20]

În ceea ce privește atmosfera timpurie, vulcanii de azi eliberează gaze care provin din manta. E posibil ca aceste gaze să fi fost reciclate din rocile de suprafață care au fost subduse; când calcarul și creta, de exemplu, sunt împinse în manta, căldura le dezintegrează carbonatul de calciu, producând dioxid de carbon. Totuși, concentrația relativă a gazelor nobile inerte în compușii gazoși vulcanici este aproximativ aceeași ca în atmosferă. Asta sugerează că gazele precum hidrogenul sulfurat, dioxidul de sulf, dioxidul de carbon, vaporii de apă, nitrogenul sau amoniacul fie au fost prinse în interior în timpul formării planetare, fie au fost produse în interior prin dezintegrarea termică a unor molecule complexe precum carbonatul de calciu. Pe măsură ce suprafața s-a răcit, aceste gaze au ieșit prin anumite fante care se formaseră în litosferă. Într-o astfel de atmosferă timpurie nu ar fi fost prezente nici oxigen liber și nici ozon.

Prin acest proces ar putea fi explicată și apariția hidrosferei: odată cu răcirea, vaporii de apă degazificată s-au condensat sub formă de apă lichidă în furtuni violente care au dat naștere râurilor și oceanelor.

Fără dovezi directe, astfel de idei rămân însă simple ipoteze.

Luna

Există trei speculații care au concurat timp de mai mulți ani pentru a explica faptul că Pământul are un satelit natural atât de mare. Una dintre ele susținea că Luna este rezultatul întâmplător al formării și acreției unui planetezimal în apropierea Pământului timpuriu. O alta susținea că un planetezimal care trecea prin apropiere a fost atras de câmpul gravitațional al Pământului și a rămas prins în orbita lui. Iar cea de-a treia susținea că o masă de mari dimensiuni s-a desprins din proto-planeta topită aflată în rotație și s-a condensat, formând apoi Luna.

Analizele fizico-chimice și datarea radiometrică a mostrelor de rocă aduse de pe Lună de către astronauții misiunilor Apollo din anii '70 au contrazis toate cele trei teorii. Ele au arătat, printre alte lucruri, că rocile lunare sunt mai asemănătoare cu cele din mantaua Pământului decât cu cele din meteoriți (și prin urmare cu cele din planetezimale), că erau lipsite de elemente mai volatile decât potasiul în comparație cu mantaua Pământului, că aveau foarte puțin fier și că cele mai vechi roci de la suprafața Lunii – care aveau în jur de 4,4 sau 4,5 miliarde de ani – sunt mai vechi decât cele de la suprafața Pământului.[21]

Dovezile au făcut ca două grupuri de oameni de știință să lanseze, în 1975, ipoteza impactului gigantic, a cărei dezvoltare a necesitat zece ani de simulări computerizate. Potrivit acestei ipoteze, un planetezimal uriaș, cam de mărimea planetei Marte, s-a ciocnit de proto-Pământ și s-a contopit cu el. În căldura provocată de ciocnire, nucleele de metal topit ale celor două corpuri cerești s-au unit ca două picături de apă și s-au deplasat către centrul proto-Pământului, în același timp în care impactul a trimis aproximativ 70% din materia de la suprafață în spațiu, unde a fost prinsă de gravitația sporită a noului proto-Pământ. Foarte rapid, probabil într-un singur an, aceste resturi topite s-au agregat sub forma unui corp stelar de sine stătător și s-au condensat pentru a forma Luna.[22]

Această ipoteză explică nu doar dimensiunea neobișnuit de mare a Lunii în comparație cu planeta-mamă, compoziția chimică și densitatea ei scăzută, dar și de ce Pământul este cea mai densă planetă din sistemul solar, de ce are un nucleu de metal care, conform dovezilor actuale, este mai mare decât cel al altor planete de aceeași dimensiune, precum Venus și Marte, și totodată de ce are o crustă mai subțire decât aceste două planete.

Deși unele întrebări rămân fără răspuns, ipoteza impactului gigantic este acum perspectivă științifică ortodoxă.

Biosfera

La începutul capitolului, am enumerat șase condiții necesare pentru apariția și evoluția vieții așa cum o cunoaștem:

1. *Elementele și moleculele esențiale*

   Ipoteza nebuloasei stelare explică prezența elementelor esențiale, în vreme ce alte ipoteze, în speță cea a bombardamentului Pământului de către comete purtătoare de apă (sau/și de către asteroizi și protoplanete) din era hadeană explică de ce Pământul ar avea cantități atât de mari de apă.

   Unii specialiști în fizica planetară sugerează că o mare parte din moleculele organice prezente în comete și meteoriți au supraviețuit impactului cu Pământul, populând astfel cu compuși organici oceanele primordiale.[23] Din moment ce știm că pe comete și asteroizi[i] s-au format molecule organice complexe, precum aminoacizii, ar fi oarecum plauzibil ca aceste elemente să se fi format independent și pe Pământ. Dovezile lipsesc însă, pentru că nu a mai rămas nimic din suprafața inițială a Pământului, în vreme ce cometele și asteroizii se pare că au rămas în mare parte nealterate încă din momentul formării lor.

2. *Masa planetei*

   În vreme ce ipoteza nebulară explică formarea giganților gazoși în discul exterior, prea masivi pentru a permite viața, precum și formarea planetelor telurice din discul interior, nu explică de ce Pământul a ajuns să aibă o masă care să permită viața, în vreme ce o altă planetă telurică, precum Mercur, a ajuns să fie prea mică, având doar 0,055 din acea dimensiune. Simulările computerizate ale formării planetare concepute în 2004 de Sean Raymond, de la Universitatea din Colorado, sugerează că mărimea unei planete este o caracteristică aleatorie a procesului de acreție.

3. *Protecția față de radiațiile nocive și față de impacturi*

   Pământul timpuriu a fost protejat de radiațiile nocive pentru că era înzestrat cu atmosferă și cu un puternic câmp magnetic. Magnetosfera reflecta radiațiile ionizante venite de la Soare, așa cum ne arată figura 12.4. Pământul de atunci nu avea protecția, oferită acum de stratul de ozon, împotriva radiației ultraviolete de mare intensitate, care ar fi fost fatală formelor de viață ce au evoluat mai târziu.

   Câmpul gravitațional al gigantului gazos Jupiter, cu o masă de 300 de ori mai mare decât a Pământului și aflat la o distanță de 5 ori mai mare de Soare, ferește atât planeta noastră, cât și celelalte planete interioare, de impactul cu cele mai multe dintre comete. George Wetherill, director emerit al Departamentului pentru Magnetism Terestru de la Institutul Carnegie, a estimat că, fără masa și poziția avute

[i]) Vezi glosarul pentru diferența dintre *cometă*, *meteorit* și *asteroid*.

de Jupiter, Pământul ar fi avut de 1.000 până la 10.000 de ori mai multe impacturi cometare decât acum.[24]

4. *Surse de energie*

Cele patru surse de energie disponibile pentru a genera procesele biochimice esențiale au fost: conversia în energie termică a energiei cinetice a planetezimalelor în urma impactului cu suprafața Pământului; conversia în energie termică a energiei potențiale gravitaționale pe măsură ce materia topită s-a scurs către nucleul Pământului; energia generată de dezintegrarea radioactivă a elementelor, precum uraniul sau torul; căldura provenită de la Soare.

5. *Intervalul de temperatură*

Temperatura de la nivelul sau din apropierea suprafeței Pământului este rezultatul tuturor celor patru surse de energie. Radiația solară este cea care controlează cu precădere intervalul de temperatură, radiație care depinde de cinci factori.

În primul rând, de cantitatea de energie emisă de Soare (luminozitatea sa).

În al doilea rând, de distanța dintre Soare și Pământ, care variază între 147 și 152 de milioane de kilometri, din pricina orbitei eliptice descrise de Pământ în jurul Soarelui în 365,25 de zile.

În al treilea rând, de variația albedoului, adică procentul de radiație solară incidentă reflectată de o suprafață: norii stratus (care sunt mult mai subțiri) au un albedo scăzut, în vreme ce norii stratocumulus (care sunt mult mai denși) au un albedo de 80%, zăpada proaspătă are undeva între 40 și 70%, iar nisipul uscat, între 35 și 40%. Albedoul mediu actual al Pământului este de aproximativ 35%. Nu știm însă cum au stat lucrurile în primele două miliarde de ani de existență a Pământului.

În al patrulea rând, depinde de energia solară ce ajunge la suprafață, din care o parte e absorbită și apoi radiată din nou sub formă de căldură la lungimi de undă mai mari, în funcție de timpul cât suprafața e orientată spre cerul nocturn, care depinde de perioada de rotație de 24 de ore a Pământului și, în anumite locuri, de înclinația de 23,5º a axei terestre.

În al cincilea rând, o parte din această energie termică radiată în spațiu este reflectată înapoi și încălzește suprafața Pământului, iar acest fenomen depinde de gazele ce alcătuiesc atmosfera. În prezent, dioxidul de carbon reprezintă 0,003% din atmosferă și este principalul element responsabil pentru reflectarea unei cantități suficiente de energie radiată pentru a produce un ușor efect de seră.

Toți acești cinci factori produc acum o temperatură atmosferică care oscilează între –50ºC și +50ºC, în funcție de perioada anului, de

regiune, de distanța față de suprafață, în vreme ce temperatura medie anuală de la suprafața oceanului este de aproximativ 15ºC.[25] Astfel, în cea mai mare parte a anului, regiunile situate imediat sub și imediat deasupra suprafeței terestre au o temperatură potrivită pentru a produce și a susține viața așa cum o cunoaștem.

6. *Stabilitatea*

Această ultimă condiție cere ca biosfera să aibă o temperatură care să se mențină într-un interval ce permite apei să rămână în stare lichidă la suprafața planetei și să fie ferită de radiații nocive și de impacturi suficient de mult timp pentru ca formele primitive de viață să apară și să se transforme prin evoluție în forme mai complexe, care vor permite apariția ulterioară a ființelor omenești. Faptul că o asemenea stabilitate a fost atinsă de biosfera terestră într-o perioadă de aproximativ patru miliarde de ani se explică prin câțiva factori.

Modelele computerizate ale procesului de formare planetară au arătat că, odată formate, planetele mențin o orbită în general stabilă în jurul Soarelui, în special datorită conservării momentului cinetic.

Totuși, acest fenomen nu va produce de la sine un interval stabil de temperatură a biosferei, pentru că în acea perioadă Soarele era mult mai palid și mai rece. Studiile axate pe formarea stelară și pe diferitele etape ale proceselor solare de fuziune nucleară care generează energie indică faptul că, la începutul erei arhaice a Pământului, acum 3,8 miliarde de ani, Soarele radia cu 25% mai puțină energie decât în acest moment. Dacă toți ceilalți factori ar fi semănat cu cei de astăzi, temperatura la sol ar fi fost atunci de aproximativ –18ºC[26]: toată apa ar fi fost sub formă de gheață, și nu în forma lichidă necesară proceselor esențiale pentru producerea și menținerea vieții.

Pentru a explica existența și evoluția vieții în această eră este nevoie de existența unor surse suplimentare de energie care să încălzească biosfera. Aceste surse ar putea fi căldura reziduală a procesului de formare planetară, o cantitate mai mare de căldură provenită de la procesele de dezintegrare radioactivă din interiorul planetei sau mai multă căldură radiată și reflectată înapoi de atmosfera Pământului, proces ce duce la creșterea efectului de seră.

Nu cunoaștem compoziția atmosferei din era arhaică, dar din moment ce atmosfera Pământului din momentul formării sale, acum 4,5 miliarde de ani, avea o compoziție diferită față de cea de astăzi (care are 78% nitrogen și 21% oxigen; vezi secțiunea „Hidrosfera și atmosfera“, de mai sus), este rezonabil să presupunem că acum 3,8 miliarde de ani atmosfera terestră era mai apropiată de cea inițială. O cantitate mai mare de gaze cu efect de seră, precum dioxidul de car-

bon și metanul, ar fi putut încălzi biosfera suficient de mult încât să existe apă lichidă. Totuși, dacă acea atmosferă diferită avea un albedo diferit, va trebui să ținem cont și de acest factor.

În plus, dacă o astfel de atmosferă diferită a produs un efect de seră mai mare care să explice existența apei lichide pe Pământ, într-o epocă în care Soarele radia cu 25% mai puțină energie decât acum, va trebui să presupunem că, în decursul celor patru miliarde de ani, a avut loc o scădere bine reglată a efectului de seră pe măsură ce energia radiată de Soare a crescut.

Au fost avansate mai multe ipoteze pentru a explica acest fenomen, inclusiv ipoteza Gaia, propusă pentru prima dată de omul de știință britanic James Lovelock, în anii '60, care propune ideea autoreglării prin retroacțiune biotică. De exemplu, bacteriile fotosintetizatoare din oceane ce absorb dioxid de carbon din atmosferă prosperă pe măsură ce cresc temperatura și cantitatea de lumină solară, reducând astfel efectul de seră; odată ce temperatura scade, aceste bacterii își încetinesc dezvoltarea, permițând unei cantități mai mari de dioxid de carbon să existe în atmosferă și sporind astfel efectul de seră și temperatura de la suprafață. Ipoteza lui Lovelock a primit confirmări empirice în urma analizei chimice a unor mostre de gheață de mare adâncime obținute prin perforarea calotelor glaciare din Antarctica.[27]

Kasting susține totuși că mecanismul de retroacțiune biotică nu poate fi principalul factor regulator al temperaturii, mai ales pentru că biosfera vie nu e un rezervor suficient de mare de carbon. În opinia lui, cel mai important proces pe termen lung de reglare a temperaturii de la suprafață prin efectul de seră e cauzat de retroacțiunea negativă dintre dioxidul de carbon atmosferic și temperatura de la suprafață prin intermediul așa-numitului ciclu carbonat–silicat. Astfel, dioxidul de carbon se dizolvă în apă și erodează rocile ce conțin silicat. Râurile vor transporta aceste produse către oceane, unde vor forma în cele din urmă o placă tectonică oceanică care este împinsă sub o placă continentală, dioxidul de carbon fiind apoi eliberat din nou în atmosferă prin intermediul vulcanilor.[28]

Indiferent care ar fi explicația corectă, este evident că intervalul stabil de temperatură a biosferei a fost probabil reglat de mai multe mecanisme de retroacțiune.

În cadrul acestui interval, temperatura variază în funcție de momentul zilei, de regiune, de distanța față de suprafață și de momentul din anul solar. Asemenea variații de temperatură generează tipare ale vremii în zone diferite care se schimbă zilnic sau de la anotimp la anotimp. În plus, acestea s-au modificat odată cu schimbarea înclinației

axiale a Pământului și a elipticității orbitei sale, în vreme ce intensitatea radiației solare a crescut, modificând dramatic atmosfera terestră și generând schimbări climatice la intervale de zeci de mii de ani.

Biosfera Pământului e un sistem care s-a menținut într-o stare stabilă, dar departe de echilibrul termodinamic, vreme de aproximativ patru miliarde de ani.

ESTE PĂMÂNTUL SPECIAL?

Perspectiva ortodoxă

Începând din momentul în care Galilei s-a folosit de telescop pentru a dovedi ipoteza copernicană potrivit căreia Pământul nu se află în centrul universului, ci se învârte, la fel ca celelalte planete, în jurul Soarelui, oamenii de știință au presupus că Pământul nu are nimic special.

Instrumentele mai sofisticate ne-au schimbat perspectiva cu privire la alcătuirea universului, astfel încât astăzi se consideră că Pământul este doar o planetă obișnuită ce orbitează în jurul unei stele obișnuite aflate pe o orbită la fel de obișnuită în jurul centrului unei galaxii obișnuite ce cuprinde câteva sute de miliarde de stele și face parte dintr-un grup local situat într-un roi obișnuit de galaxii care se învârte în jurul centrului unui superroi de galaxii ce face parte dintr-un univers observabil care cuprinde un număr estimat de o sută de miliarde de galaxii (poate și mai mult) și care face parte la rândul lui dintr-un univers încă de nepătruns. Cosmologii ortodocși cred că până și acest univers este doar o parte microscopică a unui univers mult mai mare.

Ar fi greu să găsim Pământului un loc și mai puțin semnificativ în cosmos.

Perspectiva că Pământul nu ocupă un loc special, combinată cu faptul că este populat cu viață inteligentă, l-a făcut pe radioastronomul Francis Drake să estimeze, în 1961, numărul de civilizații care ar putea exista doar în galaxia noastră. Drake a conceput o ecuație care înmulțea șapte parametri. Valoarea pentru primul dintre acești parametri, și anume rata de formare a stelelor propice pentru apariția vieții inteligente, se baza pe o estimare brută, dacă nu chiar simplistă; valorile celorlalți parametri erau simple bănuieli bazate pe extrapolarea singurului exemplu cunoscut: Pământul. Rezultatul acestor variabile arăta că ar trebui să existe zece civilizații în galaxia noastră, detectabile pe baza semnalelor radio și de televiziune. Deși această cifră a rezultat mai degrabă dintr-o serie de presupuneri decât din estimări bazate pe dovezi științifice, termenul „ecuație“ pare să-i dea o aură de respectabili-

tate științifică. „Ecuația Drake", cum a ajuns să fie cunoscută, a provocat mult entuziasm și a dus la crearea programului SETI (Search for Extraterrestrial Intelligence)[i], care a fost adoptat de NASA și a fost finanțat o vreme de Congresul Statelor Unite.[29]

Mai bine de 50 de ani de căutări în cele mai probabile locuri nu au produs nici o dovadă a existenței vieții inteligente. Nu s-au găsit nici urme ale unor forme de viață, oricât de primitive, nici măcar în sistemul nostru solar sau în alte părți.

Actuala perspectivă cosmologică ortodoxă a fost rezumată de Michael Rowan-Robinson, pe atunci președinte al Societății Astronomice Regale, în ediția din 2004 a cărții sale *Cosmology*:

> Este evident în era postcopernicană a istoriei umane că nici o persoană rațională și bine informată nu-și poate imagina că Pământul ocupă un loc unic în univers. Vom numi această descoperire filozofică profundă *principiul copernican.*[30]

Dovezi care pun la îndoială perspectiva ortodoxă

Dovezile că Pământul, chiar dacă nu e unic, ar putea să fie rezultatul unei combinații speciale de factori ce permit apariția și evoluția vieții așa cum o cunoaștem au început să se cumuleze cu mulți ani înainte de apariția cărții lui Rowan-Robinson.

Zona locuibilă galactică

Cel mai recent factor se referă la poziția ocupată de Pământ în zona locuibilă galactică (ZLG). Ideea a fost avansată în anul 2000 de către doi oameni de știință de la Universitatea din Washington, paleontologul și profesorul de biologie și științele spațiului și Pământului Peter Ward și profesorul de astronomie Dan Brownlee[31]. A fost apoi dezvoltată de ei și de alții, în special de astronomul Guillermo Gonzalez, fost profesor la Universitatea din Washington și actualmente la Ball State University, Indiana.[32]

Bazată pe studiul unor nori moleculari gigantici și pe formarea stelară în alte părți ale galaxiei Calea Lactee, alături de studiul radioactivității, această ipoteză nu face decât să aplice ideea zonei locuibile circumstelare la întreaga galaxie. Propune ipoteza că există foarte puține zone în care viața complexă poate evolua și că aceste zone se schimbă în timp.

Regiunile exterioare ale galaxiei nu au suficiente elemente și molecule esențiale care să permită formarea planetelor telurice propice apariției vieții. Aceste elemente sunt prezente în preajma centrului galaxiei, însă interacțiunile gravitaționale haotice dintr-o astfel de aglomerare de stele creează

[i]) Căutarea Vieții Extraterestre Inteligente (*n. tr.*).

condiții care sunt mult prea instabile ca să poată produce o biosferă planetară. Pe lângă asta, în decursul miliardelor de ani de care viața complexă bazată pe carbon are nevoie pentru a evolua, stelele și sistemele planetare ar fi bombardate de radiații letale, provenind fie de la exploziile supernovelor, fie de la materia gata să fie absorbită de gaura neagră gigantică ce se presupune că s-ar afla în miezul galaxiei. Această regiune cu radiații fatale s-a micșorat în timp, pentru că astfel de explozii erau probabil mult mai comune în etapele timpurii ale galaxiei.

Brațele spirale ale galaxiei sunt de asemenea ostile vieții. Acestea sunt regiuni ce permit formarea activă de stele, prin condensarea haotică a unor nori moleculari gigantici. Radiația ultravioletă puternică emisă de stelele tinere masive elimină discurile învecinate de gaz și praf înainte să se poată forma planetele, și aceste stele gigantice își încheie viața relativ repede sub formă de supernove.

Singurele zone unde condițiile sunt bune și rămân stabile suficient de mult timp pentru a permite evoluția biologică se află între brațele spirale, în planul discului galactic, sistemul nostru solar fiind situat la jumătatea drumului dintre centrul galaxiei și marginile vizibile ale discului galactic. Identificarea acestor zone este îngreunată de faptul că stelele care le populează orbitează în jurul centrului galactic, dar nu neparat pe același plan cu brațele spirale sau la o viteză asemănătoare cu a lor.

Nikos Prantzos, de la Institutul pentru Astrofizică din Paris, a criticat această ipoteză, spunând că este imprecisă și nemăsurabilă. Am văzut deja că estimările inițiale ale ipotezei zonei locuibile circumstelare erau prea simpliste și nu au reușit să explice formarea temperaturii de la suprafața Pământului.[i] La scară galactică, mulți dintre factorii determinanți sunt încă necunoscuți, iar măsurarea lor riguroasă depășește capacitatea actuală a astrofizicienilor; trebuie să recunoaștem că adepții săi au afirmat cât se poate de clar că ipoteza lor se află încă în stadiul de elaborare. Totuși, ideea de bază e validă: zonele care oferă toate cele șase condiții pentru apariția și evoluția vieții complexe constituie doar o mică parte a galaxiei noastre, iar situarea acestor zone se modifică odată cu evoluția galaxiei.

Pământul se află într-o astfel de zonă de 4,5 miliarde de ani, așa că nu poate fi considerat o planetă obișnuită ce orbitează în jurul unei stele obișnuite care descrie o orbită obișnuită în jurul centrului unei galaxii obișnuite.

Stele potrivite

Chiar dacă un sistem stelar se află în zona locuibilă galactică, nu înseamnă că steaua este în mod necesar potrivită pentru apariția vieții bazate pe car-

[i]) Vezi pagina 206.

bon. Stelele sunt clasificate prin intermediul literelor – O, B, A, F, G, K sau M – de la cele mai mari la cele mai mici. Fiecare categorie are propriile subdiviziuni, marcate prin cifre. Soarele nostru, de exemplu, e o stea de categoria G2.

Numai între 2% și 5% dintre stele au mărimea Soarelui nostru. O planetă care ar orbita în jurul unei stele mai mici decât categoria K5 va suferi probabil un cuplaj mareic, adică va rămâne mereu cu aceeași latură către stea; în consecință, partea expusă va fi cel mai probabil prea fierbinte, iar partea întunecată, prea rece pentru ca viața complexă să poată evolua. Este de asemenea puțin probabil ca viața să evolueze pe o planetă care orbitează în jurul unei stele ce depășește categoria F0, pentru că aceste stele din secvența principală au o viață relativ scurtă și emit pe deasupra cantități mari de radiații ultraviolete distructive.

Ceea ce ne spune că aproximativ 20% dintre stelele din secvența principală au o masă potrivită. Totuși, aproximativ două treimi dintre stele se găsesc în sisteme stelare binare sau ternare.[33] Un sistem binar, în special când stelele sunt destul de aproape una de cealaltă, nu e favorabil vieții: orice planetă care le-ar însoți ar descrie o orbită atât de eliptică, încât temperaturile de la suprafața sa vor fi când extrem de ridicate, când extrem de scăzute în decursul unei singure mișcări de revoluție în jurul celor două stele.

Zona locuibilă circumstelară

În cazul acelor stele potrivite care rămân suficient de mult în zona locuibilă galactică, viața așa cum o cunoaștem poate apărea și poate evolua doar dacă steaua are una sau mai multe planete care rămân suficient de mult timp într-o zonă în care temperatura de la suprafața planetei permite existența apei lichide, adică în zona locuibilă circumstelară (ZLC). După cum am văzut, încercările mai timpurii de a o defini s-au dovedit mult prea simpliste.

O încercare mai sofisticată a fost făcută în 1993 de James Kasting – specialist în fizica atmosferică și considerat cea mai mare autoritate în domeniul locuibilității planetare –, Daniel Whitmire și Ray Reynolds. Modelul lor climatic unidimensional se folosește de energia solară reflectată (efectul albedo), de efectul de seră și de alți factori, dar fără a lua în calcul efectul mișcării de rotație a planetei asupra cantității de energie solară primită și radiată de suprafață.[34] Deși modelul lor reprezintă o îmbunătățire considerabilă față de cele precedente, presupunerile și aproximările pe care ei înșiși au fost nevoiți să le facă arată cât de dificil sunt de cuantificat astfel de sistemele complexe și interactive ce antrenează procese de retroacțiune climatică. Echipa însărcinată cu definirea obiectivelor științifice și tehnologice ale programului Terrestrial Planet Finder al NASA a ajuns la concluzia că modelele climatice unidimensionale sunt incapabile să simuleze cu

acuratețe efectele norilor (vapori de apă sau de dioxid de carbon) asupra radiației planetare și, prin urmare, nu sunt demne de încredere; echipa a folosit totuși o versiune mai sofisticată a modelului lui Kasting pentru a estima o ZLC între 0,75 UA și 1,8 UA[i] pentru Soare, cu posibilitatea extrapolării în cazul altor stele.[35]

Exoplanetele

În 1994 a fost confirmat anunțul făcut în 1992 de către doi radioastronomi cu privire la primele planete descoperite în afara sistemului nostru solar. Două planete având de trei ori masa Pământului, plus încă un obiect având probabil masa Lunii, orbitează în jurul unei bătrâne stele neutronice care se rotește cu viteză și care este o rămășiță densă a unei stele de mari dimensiuni ce și-a încheiat ciclul de viață în secvența principală printr-un catastrofal colaps gravitațional și printr-o explozie sub forma unei supernove.[36] Acesta este unul dintre cele mai neașteptate locuri în care astronomii s-ar fi gândit că vor găsi planete, însă prezența lor în apropierea unei stele neutronice ce emite radiații puternice ne dă de înțeles că cele șase condiții pentru evoluția formelor de viață cunoscute nu pot fi îndeplinite.

Prima planetă ce orbitează în jurul unei stele din secvența principală a fost descoperită în anul următor. Telescoapele nu au avut o rezoluție suficient de puternică pentru a o putea observa direct, dar astronomii i-au putut calcula masa și distanța față de steaua sa prin observarea oscilației pe care câmpul său gravitațional o imprima asupra distanței stelei respective față de Pământ atunci când planeta trecea prin fața, prin jurul și prin spatele stelei. Planeta 51 Pegasi b este un gigant gazos precum Jupiter, care orbitează în jurul stelei 51 Pegasi la fiecare patru zile. Asta înseamnă că este mai aproape de steaua sa decât Mercur, cea mai apropiată planetă din sistemul nostru solar.

Către finalul anului 2008, astronomii detectaseră 330 de planete extrasolare, numite acum exoplanete. Aceste descoperiri au contrazis modelul nebular al formării planetelor, care prezice că acestea orbitează în jurul stelei lor în aceeași direcție, descriind orbite aproape circulare situate în apropierea sau chiar la nivelul ecuatorului stelei și având o distribuire în cadrul căreia planetele mai mici și mai dense, alcătuite în special din fier și din rocă (precum Mercur, Venus, Pământ și Marte), ocupă partea interioară a sistemului, în timp ce giganții gazoși, alcătuiți în principal din hidrogen și heliu (precum Jupiter, Saturn, Uranus sau Neptun), se află la distanțe mult mai mari de stea. Nu numai că există „Jupiteri fierbinți" – giganți gazoși care orbitează în jurul stelei lor la o distanță mai mică decât a lui Mercur față de Soare, unde temperatura este prea mare pentru ca ghețurile solide

[i]) UA înseamnă unitate astronomică, distanța medie dintre Pământ și Soare.

sau gazele să formeze un nucleu planetar –, ci există și alte planete ce descriu orbite cu un puternic caracter eliptic, unele dintre ele deplasându-se în jurul polului stelei, iar altele în direcția opusă rotației stelei.

NASA a lansat apoi telescopul spațial Kepler, care detectează chiar și cea mai ușoară scădere în intensitate a luminii emise de o stea atunci când prin fața ei trece o planetă, permițându-ne astfel să identificăm planete mult mai mici decât cele ce puteau fi identificate prin vechile tehnici. În august 2014, fuseseră descoperite 978 exoplanete care orbitau în jurul a 421 de stele, alte 4.234 planete candidate așteptându-și confirmarea.[37]

Asta i-a făcut pe foarte mulți să creadă că Pământul nu e special și că undeva în galaxia noastră, ce conține sute de miliarde de stele, trebuie să existe planete pe care să fi evoluat viață inteligentă.

Cu toate acestea, sistemele stelare identificate de telescopul Kepler subminează în continuare modelul nebular al formării planetelor. Pe lângă planetele fierbinți asemănătoare cu Jupiter, telescopul a descoperit planete gigantice cu orbite idiosincratice, în vreme ce planetele cele mai comune, care orbitează în jurul a aproximativ 40% dintre stelele apropiate de noi și asemănătoare cu Soarele, sunt așa-numitele super-Pământuri, mai masive decât Terra, dar mai mici decât Neptun (17 mase terestre) – cele mai multe orbitând în jurul stelei lor mult prea aproape pentru a permite apariția vieții.

În lumina noilor dovezi, astrofizicienii au avansat mai multe idei pentru a modifica ipoteza formării planetare nebulare. A fost propusă ideea că planetele ajung la mărimea completă în zona delimitată de linia mediană și cea exterioară a discului nebular și se deplasează în spirală spre interior pe măsură ce gazul vâscos le încetinește mișcarea orbitală; asta ar explica prezența unor Jupiteri fierbinți. Totuși, modelele computerizate arată că ar continua să cadă în spirală spre stelele lor, și nimeni n-a putut explica până acum de ce își încetează spirala descendentă și se stabilizează pe orbitele pe care le observăm.[38] De fapt, pentru că nu le-am observat în detaliu suficient de mult timp, s-ar putea să se afle încă într-o mișcare spiralată. În plus, aceste modele nu explică de ce sistemul nostru solar este atât de diferit, în afară de presupunerea arbitrară că discul nostru nebular nu a fost suficient de vâscos încât să determine giganții gazoși din sistemul exterior să descrie o mișcare spiralată către interior.

Tehnicile actuale nu sunt capabile să detecteze planetele de mărimea Pământului care orbitează în jurul stelelor lor. Poate că instrumente viitoare mai sofisticate vor găsi în zona locuibilă circumstelară numeroase planete ce au masă, volum și orbită stabile asemănătoare cu cele terestre.

Pe de altă parte, sistemul nostru solar nu conține cele mai comune planete detectate până acum: super-Pământurile. Poate că este un fenomen rar ca o planetă telurică precum Pământul să rămână pe o orbită stabilă –

aparent datorită influenței gravitaționale a unui gigant exterior precum Jupiter, care ne protejează și de bombardamente cometare – și la o distanță optimă față de steaua sa vreme de patru miliarde de ani, timp suficient pentru evoluția vieții complexe.

Impactul cu un planetezimal de mărimea planetei Marte

Perspectiva științifică ortodoxă susține că satelitul natural neobișnuit de mare al Pământului e o consecință a impactului Terrei cu un planetezimal de mărimea planetei Marte.

Studiile recente sugerează că, în etapele finale ale procesului de acreție, când cele patru planete telurice ale sistemului solar atrăgeau orice planetezimal s-ar fi aflat pe orbita lor, impacturile puternice nu erau chiar atât de rare. Totuși, pentru a crea un nucleu de fier neobișnuit de mare și o crustă suficient de subțire pentru a produce o mișcare mai rapidă de rotație, pentru a schimba înclinația axei de la 22° la 24° și pentru a produce o Lună neobișnuit de mare care să stabilizeze această înclinație, să reducă viteza de rotație și să genereze maree, trebuia ca Pământul să fi fost lovit de un planetezimal cu o masă, o viteză relativă și un unghi al impactului care să aibă tocmai astfel de rezultate. Toți acești factori influențează semnificativ apariția și evoluția vieții.

a. *Nucleul de fier neobișnuit de mare*
   Un nucleu de fier neobișnuit de mare înseamnă că doar partea interioară a nucleului s-a solidificat, partea sa exterioară rămânând sub formă lichidă vreme de 4,5 miliarde de ani, ceea ce i-a permis să genereze o magnetosferă puternică ce protejează suprafața Pământului de radiații ionizante nocive și atmosfera sa de vântul solar.

   Mostrele de rocă culese de sonde de pe Marte arată că planeta a avut cândva o magnetosferă, dar acum nu se mai detectează nici o urmă. Asta a dus la ipoteza că Marte a avut cândva un nucleu de fier lichid care, la fel ca nucleul interior al Pământului, s-a răcit și s-a solidificat. Fără o magnetosferă protectoare, aproape întreaga atmosferă marțiană a fost risipită de vântul solar. Sondele nu au descoperit o magnetosferă semnificativă nici pe Venus (se crede că planeta reușește să mențină o atmosferă densă pentru că temperatura înaltă de la suprafața sa volatilizează compuși precum apa, care s-ar fi aflat în stare lichidă pe Pământ).
b. *Scoarța anormal de subțire*
   Scoarța anormal de subțire a Pământului face posibilă mișcarea plăcilor tectonice, fenomen considerat unic în sistemul nostru solar;[39] dovezile culese de sonde arată că, de exemplu, plăcile tectonice ale planetei Venus sunt blocate.

După cum am văzut, Kasting argumentează că, în ciuda creşterii energiei radiate de Soare, intervalul de temperaturi favorabile atmosferei s-a menţinut vreme de miliarde de ani în principal graţie reglării efectului de seră produs de dioxidul de carbon prin intermediul mecanismului plăcilor tectonice.

În plus, membrii unei specii care sunt separaţi prin deriva continentală cauzată de plăcile tectonice vor avea parte de circumstanţe fizice şi climatice diferite; cele două ramuri ale speciei vor evolua diferit în aceste medii înconjurătoare diferite.

Putem astfel spune că scoarţa subţire favorizează evoluţia speciilor.

c. *Schimbarea rotaţiei*

Modelele computerizate arată că impactul uriaş a făcut Pământul să se rotească mult mai repede în jurul axei sale, descriind probabil o rotaţie completă la fiecare cinci ore, şi că Luna nou formată era mult mai apropiată.

Proximitatea acestei Luni gigantice a produs o atracţie gravitaţională atât de puternică asupra Pământului, încât suprafaţa acestuia se ridica şi se lăsa înapoi până la 60 de metri când Luna trecea prin dreptul său. Acest efect asupra scoarţei a încetinit mişcarea de rotaţie şi a forţat Luna să se îndepărteze tot mai mult, după cum au arătat cele mai recente măsurători cu laser ale NASA.[i] Rotaţia Pământului s-a redus acum la un singur ciclu în 24 de ore. Această zi mai lungă îi permite planetei să primească mai multă radiaţie solară în timpul zilei şi să radieze mai multă căldură în timpul nopţii. Prin urmare, există în medie o variaţie a temperaturii de la suprafaţă mai mare decât în cazul unei planete ce se roteşte mai rapid. Asta permite o mai mare varietate de reacţii biochimice (rămânând în continuare în intervalul de temperaturi care permit existenţa apei lichide), ceea ce duce la o mai mare varietate de molecule complexe şi astfel la şansa unei creşteri în complexitate a moleculelor. Odată cu apariţia vieţii, aceiaşi factori produc o gamă mai largă de medii înconjurătoare, care mijlocesc la rândul lor o mai mare diversitate evolutivă.

De cealaltă parte, Venus, „planeta soră“ a Pământului, cu care împărtăşeşte aproape aceeaşi masă, se roteşte în jurul propriei axe o dată la 243 de zile terestre. Faptul acesta, în combinaţie cu timpul necesar pentru a-şi descrie orbita în jurul Soarelui, face ca o zi solară de pe Venus să fie echivalentă cu 117 zile terestre. O expunere diurnă atât de lungă la radiaţia solară a produs un efect de seră atât de pronunţat,

[i]) Vezi pagina 219.

încât temperatura de la suprafață a ajuns în jurul valorii de 470° C, adică suficient pentru a topi plumbul.[40]

d. *Înclinația axială de 23,5°*
Înclinația axei de rotație la 23,5° (vezi figura 12.2) generează variații sezoniere ale temperaturii, care sunt diferite la latitudini diferite, dar care rămân în intervalul biosferic. Această variație a climei de pe suprafața planetei produce o varietate de medii înconjurătoare schimbătoare care generează la rândul lor diversitate biologică.

e. *Stabilitatea înclinației axiale*
Proximitatea unei Luni neobișnuit de mari generează un câmp gravitațional suficient de intens pentru a stabiliza înclinația axială a planetei.

Stabilizarea nu e perfectă; înclinația axială variază între 22° și 24° în decursul a 41.000 de ani[41], fenomen ce contribuie la apariția periodică a epocilor glaciare, așa ne spune așa-numita ipoteză Milankovitch. Totuși, vorbim despre o variație foarte mică. Un studiu din 1993 a arătat că, fără gravitația Lunii, axa Pământului ar varia haotic de la 0° la 85° într-o perioadă de câteva zeci de milioane de ani, ceea ce ar devasta profund clima Terrei. O simulare computerizată din 2011 a pus la îndoială aceste rezultate, sugerând că axa ar varia numai între 0° și 50° în peste patru miliarde de ani.[42] Chiar și așa, astfel de modificări ale înclinației ar fi generat mari schimbări de temperatură, îngreunând extrem de mult evoluția vieții complexe.

f. *Mareele*
Câmpul gravitațional foarte puternic al Lunii este de asemenea responsabil pentru mareele oceanelor și mărilor terestre. Aceste maree nu doar că modifică mediul fizic – producând diversitate biologică – prin erodarea țărmurilor, ci aduc materie din largul mării către uscat și de pe uscat în largul mării, generând ecosisteme dinamice.

Rezultatul tuturor acestor factori, combinați cu o creștere a cantității de energie radiate de Soare și cu schimbările masive din atmosfera Pământului, este un flux schimbător de energie ce traversează un sistem care a rămas stabil, deși departe de echilibrul termodinamic, vreme de patru miliarde de ani. Bazându-se pe cercetarea lui Ilya Prigogine, Morowitz și alții consideră că un astfel de sistem produce complexitate fizică și chimică ce va duce în cele din urmă la apariția și evoluția vieții.[43]

CONCLUZII

În prima parte am ajuns la concluzia că un univers în care materia poate evolua până la formele de viață pe care le cunoaștem necesită un set de legi fizice și chimice care descriu sau chiar determină felul în care componen-

tele materiei interacționează, reglajul fin al celor șase parametri cosmologici și al celor două constante lipsite de dimensiune, precum și reglajul fin al celor trei parametri din cadrul nucleosintezei stelare de care depinde producerea unei cantități suficiente de carbon pentru formarea unor molecule organice esențiale.

Acest capitol duce la următoarele concluzii:

1. Pentru ca moleculele organice formate din cel mult 13 atomi (întâlnite în spațiul interstelar și pe asteroizi) să evolueze până la un stadiu asemănător în complexitate cu cel uman trebuie îndeplinite șase condiții: o planetă cu elementele și moleculele esențiale, surse de energie, o masă minimă (și probabil maximă), protecție față de radiațiile nocive și de impacturi, un interval restrâns de temperatură imediat deasupra și imediat dedesubtul suprafeței și stabilitatea biosferei vreme de miliarde de ani.
2. Aceste condiții sunt posibile datorită mai multor factori galactici, stelari și planetari conjugați:
   2.1 Se învârte în jurul unei singure stele ce are o masă aflată în intervalul îngust necesar pentru o stabilitate de 4,5 miliarde de ani și se află într-o zonă galactică locuibilă relativ mică și schimbătoare.
   2.2 A ajuns la stadiul de planetă telurică ce conține sau poate să capteze elemente și molecule esențiale.
   2.3 Masa sa se situează în intervalul ce permite apariția unei biosfere.
   2.4 Poziția sa în cadrul zonei locuibile circumstelare este protejată într-o manieră atipică vreme de 4,5 miliarde de ani de bombardamentul distructiv al cometelor prin efectul gravitațional produs de un gigant gazos exterior.
   2.5 În perioada sa de formare, planeta a fost lovită de un planetezimal cu o masă, o viteză relativă și un unghi al impactului potrivite pentru a produce o serie de caracteristici necesare evoluției vieții complexe: un nucleu de fier neobișnuit de mare ce produce o magnetosferă puternică; o scoarță neobișnuit de subțire ce permite mișcarea plăcilor tectonice; un satelit natural anormal de mare ce produce o rotație optimă, o înclinație axială stabilă și maree oceanice.
   2.6 Planeta are unul sau mai multe mecanisme de retroacțiune care mențin un interval de temperatură superficială favorabilă reacțiilor biochimice și care permit apei lichide să rămână la suprafață vreme de patru miliarde de ani, în ciuda energiei tot mai mari iradiate de steaua sa.
3. Toți acești factori produc un flux schimbător de energie ce traversează un sistem care a rămas stabil, deși departe de echilibrul termodinamic,

vreme de patru miliarde de ani și care a mijlocit dezvoltarea complexității necesare apariției și evoluției diverselor forme de viață, inclusiv a omului.
4. Acești factori contrazic perspectiva cosmologiei ortodoxe potrivit căreia Pământul este doar o planetă obișnuită care orbitează în jurul unei stele obișnuite dintr-o galaxie obișnuită formată din câteva sute de miliarde de stele și care face parte la rândul ei dintr-un univers observabil despre care se presupune că este alcătuit din circa o sută de miliarde de galaxii.
5. Deși nu e unic, Pământul reprezintă una dintre puținele excepții din galaxie, dacă nu din tot universul, având în vedere condițiile necesare pentru apariția și evoluția unor forme de viață atât de complexe cum sunt ființele umane.

Pământul a evoluat de la stadiul de planetă cu o suprafață fierbinte și o atmosferă alcătuită probabil din hidrogen sulfurat, dioxid de sulf, dioxid de carbon, vapori de apă, nitrogen și amoniac, componente care ar fi fost otrăvitoare pentru om și nu ar fi oferit nici o protecție împotriva radiațiilor ultraviolete, la stadiul de planetă cu o temperatură superficială medie anuală de 15° C, cu mări albastre, nori pufoși și o atmosferă alcătuită în principal din azot și oxigen, la care se adaugă stratul de ozon ce blochează radiațiile ultraviolete nocive, permițând astfel apariția și evoluția vieții la suprafață. Dar ce este viața?

CAPITOLUL 13

Viața

Și atunci, ce-i viața? am strigat. — Percy Bysshe Shelley, 1822

Esența vieții este improbabilitatea statistică la o scară colosală.
— Richard Dawkins, 1986

Dacă vrem să descoperim cum a apărut viața pe Pământ, trebuie mai întâi să înțelegem ce este viața. Pentru cei mai mulți dintre noi faptul de a fi viu pare a fi de la sine înțeles. Pisica ce se freacă de piciorul meu e vie; felia de pâine prăjită de pe farfuria din fața mea nu e vie. Dar definirea acelui lucru care distinge ceea ce e viu de ceea ce nu e viu se dovedește mai dificilă.

Așa cum am arătat în capitolul 9, suntem alcătuiți în esență din atomi de hidrogen, oxigen, carbon și azot. Dar aceștia nu sunt diferiți de atomii de hidrogen, oxigen, carbon și azot care se găsesc în apă, în aer și în pâinea prăjită. Într-adevăr, un flux format din astfel de atomi intră și iese din corpul nostru în timp ce respirăm, bem, mâncăm, transpirăm, urinăm și defecăm.

Dacă nu atomii caracterizează organismele vii, atunci e poate vorba de aranjamentul lor în molecule mai complexe? Dar o persoană care tocmai a murit are același nivel de complexitate moleculară pe care-l avea în momentul dinaintea morții.

Voi încerca să formulez o perspectivă asupra naturii vieții examinând unele idei ale lumii antice despre viață, explicațiile oferite de știință, unele explicații contemporane care încearcă să armonizeze perspectiva tradițională cu știința modernă, răspunsul științei ortodoxe, caracteristicile vieții stabilite în prezent de știința ortodoxă și unele definiții importante ale vieții.

VIAȚA DIN PERSPECTIVA LUMII ANTICE

Cele mai timpurii încercări de a înțelege esența vieții au fost întreprinse în India. Înțelepții foloseau meditația – o introspecție disciplinată care caută înțelegerea prin unirea cu obiectul studiat –, iar intuițiile lor au fost consemnate în *Upanișade*. Unele *Upanișade* spun că viața este *prana*.

Acest cuvânt sanscrit provine probabil de la prefixul *pra-*, care înseamnă „a umple“ (folosit aici probabil ca element de întărire) și rădăcina *na*, care

înseamnă „a respira“[1]. Ar putea fi interpretat literal ca respirație, dar *Prashna Upanishad* ne lămurește asupra semnificației termenului. Șase căutători ai adevărului i-au pus pe rând o întrebare înțeleptului Pippalda. Răspunzând primului, care întrebase cine a creat universul, Pippalda a spus că Domnul a meditat și a creat *prana* și *rayi* (materia), iar din această dualitate au izvorât dualitățile masculin și feminin, Soare și Lună, lumină și întuneric. Asemenea celorlalte *Upanișade*, restul învățăturilor din *Prashna Upanishad* explică clar, prin metaforă, comparație și parabolă, că *prana* este energia fundamentală și vitală a fiecărui corp și totodată a întregului univers.[2] Medicina ayurvedică încearcă să atingă echilibrul în *prana*, în timp ce yoga tinde să-i amplifice fluxul prin corp.

Michael Nagler, profesor de literatură clasică și comparată de la Universitatea din California, Berkeley, susține că *prana* înseamnă energie vitală și că toate semnele vitale prin care încercăm să identificăm prezența vieții din afară sunt indicii ale capacității corpului de a direcționa, conserva și folosi energia la un înalt grad de complexitate. Asta e viața din punct de vedere biologic.[3]

Răspunzând la respingerea vitalismului de către știința modernă, Nagler întreabă: dacă viața nu e energie, atunci ce e?

Un punct de vedere asemănător e oferit de textele daoiste din China, colecție de idei și reflecții filozofice datând din secolul al VI-lea î.Hr. În acest caz, vechiul cuvânt 氣, *qi* (sau *chi*, în funcție de normele occidentale folosite) înseamnă în același timp respirație și spirit dătător de viață.[4] Manipularea fluxului *qi*, energia vitală a corpului, joacă un rol central în medicina chineză tradițională.

Această perspectivă a fost transmisă japonezilor când aceștia au adaptat cultura chineză la propria lor societate. Cuvântul lor pentru respirație și spirit este *ki*.

Evreii foloseau și ei un cuvânt cu două înțelesuri: *ruah*, cu sensul de vânt sau duh. În Tanah, scripturile lor, acest termen este folosit cu sensul de Duh al lui Dumnezeu.

În poemele homerice, datând din secolul al VIII-lea î.Hr., *psyche* este respirația sau spiritul ce părăsește corpul eroului în clipa morții.[5] Stoicii (secolul al III-lea î.Hr.–secolul I d.Hr.) spuneau că *pneuma* (respirație, suflet sau spirit vital), Zeul și principiul care guvernează natura sunt în esență același lucru, preluând perspectiva heraclitiană potrivit căreia universul e însuflețit de o inteligență sau de un suflet asemănător focului.[6]

În mod asemănător, romanii foloseau cuvântul latin *spiritus*, prin care înțelegeau atât respirație, cât și spirit sau duh; Biserica creștină occidentală a preluat acest termen pentru a numi a treia persoană a Treimii: Sfântul Duh.

Astfel, explicația că spiritul vital sau energia vitală însuflețește materia (adică îi „suflă viață“) și o face să fie diferită de ceea ce e neînsuflețit era larg răspândită în Antichitate. Mai mult decât atât, această energie vitală – numită în general vitalism – se află la baza tuturor energiilor din univers.

În diferite culturi și religii, energia vitală a fost interpretată fie drept creație a unei divinități supreme lipsite de formă, fie ca divinitatea însăși, fie ca un aspect al divinității, fie, prin antropomorfizare, ca lucrul pe care Dumnezeu sau un zeu l-a suflat asupra materiei neînsuflețite, precum lutul, pentru a-i da viață.

Vitalismul nu a apărut doar ca urmare a unor intuiții mistice, ci și pentru că știința timpurie i-a dedus existența.

DEZVOLTAREA PERSPECTIVEI ȘTIINȚIFICE ASUPRA VIEȚII

Mare parte a științei și medicinii occidentale se sprijină pe redescoperirea lui Aristotel în secolul al XII-lea. Spre deosebire de mulți alți gânditori antici, precum Pitagora și Heraclit, Aristotel nu era mistic. El a diferențiat între lucrurile minerale, neînsuflețite, și cele vegetale și animale, susținând că viața este dată de *psyche* sau de suflet. Pentru Aristotel, *psyche* nu e vreun spirit eteric, ci forma sau organizarea caracteristicilor fizice care înzestrează corpul cu viață și scop: sufletul și corpul sunt două aspecte ale aceleiași ființe vii. Totuși, multe comentarii medievale au interpretat traducerile lui Aristotel (majoritatea în arabă) cu intenția de a justifica un vitalism mai puțin materialist.[7]

Un astfel de vitalism a fost susținut la începuturile științei moderne din secolele al XVI-lea și al XVII-lea, în opoziție cu extinderea în sfera biologică a mecanicismului cartezian, care considera organismul un simplu mecanism. Vitaliștii susțineau că materia nu poate explica mișcarea, percepția, dezvoltarea sau viața. Chiar și mecaniciștii secolului al XVIII-lea, precum John Needham și contele de Buffon, erau forțați de experimentele lor în domeniul biologiei dezvoltării să invoce o forță vitală analogă gravitației și atracției magnetice.

Vitalismul a jucat un rol fundamental în dezvoltarea chimiei în secolul al XVIII-lea și la începutul secolului al XIX-lea. A dat naștere unei diferențieri aristotelice între substanțele organice (extrase din animale și plante) și cele anorganice (minerale). Georg Stahl a susținut că diferența de greutate dintre bucata de lemn și cenușa rezultată prin ardere este reprezentată de forța vitală s-a pierdut iremediabil.

Opoziția față vitalism a crescut începând cu mijlocul secolului al XIX-lea, fiind promovată de medici și fiziologi care susțineau materialismul mecanicist

și de chimiști care sintetizau compuși existenți în natură pornind de la elementele lor chimice constituente, contrazicând astfel afirmația lui Stahl.

Cu toate acestea, vitalismul a fost susținut în continuare în secolul al XIX-lea de oameni de știință remarcabili precum Louis Pasteur, care afirma că fermentația e o „acțiune vitală". Totuși, la începutul secolului XX medicina, biologia și chimia ortodoxe au respins vitalismul bazându-se pe faptul că fenomenele postulate de această teorie puteau fi explicate prin reducerea lor la componente fizice și chimice care respectau legile fizice și chimice. În ciuda acestor explicații, vitalismul a fost susținut și în prima parte a secolului XX, de filozoful francez Henri Bergson, laureat al Premiului Nobel pentru Literatură, și de eminentul embriolog german Hans Driesch.[8]

PRESUPUSA ARMONIE ÎNTRE PERSPECTIVA TRADIȚIONALĂ ȘI ȘTIINȚA MODERNĂ

Medicina alternativă

Occidentul ultimilor cincizeci de ani a cunoscut o dezvoltare a medicinii alternative bazată pe vechi practici orientale de vindecare. Tratamente precum acupunctura și acupresura sunt destinate deblocării curentului *qi*, în timp ce terapii precum *reiki* (de la japonezul *rei*, care înseamnă nevăzut sau spiritual, și *ki*, energia vitală, de unde avem „energie vitală universală") sunt de asemenea axate pe transmiterea sau canalizarea energiei vitale universale către pacient fie prin atingere, fie prin mișcarea palmelor terapeutului în apropierea corpului pacientului.

Începând cu anul 1972, când o revistă medicală occidentală a menționat pentru prima dată acupunctura ca metodă analgezică folosită în cadrul operațiilor complicate în locul anesteziei medicamentoase, unele sectoare ale practicii medicale occidentale au testat și au folosit cu succes acupunctura în numeroase situații, inclusiv în gestionarea durerii acute și cronice, în recuperarea după paralizia provocată de un accident vascular cerebral și în tratarea bolilor respiratorii. Încă nu se știe clar cum funcționează această metodă.

În Occident, abordarea holistică orientală a fost adoptată în mai mare măsură de personalul ce asigură asistența medicală. Cel mai bine cunoscut tratament, predat în peste o sută de universități și școli medicale din Statele Unite și Canada, este terapia prin atingere. De fapt, nu se atinge corpul pacientului, ci câmpul energetic vital sau aura sa, care se întinde, conform acestor terapeuți, de la câțiva centimetri până la câțiva metri de corp. Practicile folosite nu se deosebesc foarte mult de *reiki* și poartă diferite denumiri, precum vindecare, vindecare spirituală sau vindecare psihică.

Am acceptat să fiu tratat cu astfel de practici în două rânduri. Prima dată, am avut o senzație de căldură, iar a doua oară am simțit niște furnică-

turi, în timp ce vindecătoarea își trecea mâinile peste corpul meu. Nu cunosc natura acestor senzații, despre care se spune că sunt caracteristice.

Dolores Krieger, profesor specializat în asistența medicală la Universitatea din New York și fondatoarea terapiei prin atingere, a identificat energia drept *prana*. Ea susține că terapia prin atingere, asemenea hipnoterapiei, este eficientă în mod special la nivelul sistemului nervos autonom. „În ultimă instanță, pacientul e cel care se vindecă pe sine.“[9] Potrivit acestui punct de vedere, vindecătorul sau terapeutul acționează ca un sistem de susținere a energiei umane până când propriul sistem imunologic al pacientului este suficient de puternic pentru a prelua sarcina.

Succesele declarate în mare măsură se bazează pe mărturii personale, cu un număr foarte restrâns de studii sistematice. În 1973, Krieger a demonstrat că valorile medii ale hemoglobinei la 46 de subiecți au crescut în urma terapiei prin atingere, comparativ cu modificări nesemnificative înregistrate la un grup de control format din 29 de subiecți.[10] În 1998, Centrul Medical al Universității din Pittsburgh a semnalat ameliorări semnificative și reducerea durerii cauzate de osteoartrita de genunchi la pacienții supuși terapiei prin atingere, comparativ cu grupuri placebo și de control, deși numai 25 de pacienți au participat până la capăt la acest studiu.[11]

În schimb, *Journal of the American Medical Association* a publicat pe 1 aprilie 1998 un studiu devenit faimos despre care se presupune că a fost conceput de Emily Rosa, o fată în vârstă de 11 ani. Ea a invitat 21 de specialiști în terapia prin atingere să-și introducă ambele mâini printr-un orificiu cu care era prevăzut un panou opac și să simtă câmpul ei energetic vital, precizând lângă care dintre cele două palme își așază (aleatoriu) propria mână. Terapeuții au avut o rată de succes de 44%, sub pragul de 50% pe care era de așteptat să-l atingă doar din pură întâmplare.[12]

Ipotezele câmpurilor

În aceeași perioadă, câțiva oameni de știință și filozofi au lansat ideea că biologia ortodoxă este încă prizonieră abordării newtoniene mecaniciste, specifică fizicii secolului al XIX-lea, și că nu a luat în considerare revoluția fizicii de la începutul secolului XX, în special teoria cuantică, cu conceptele ei de câmp și nonlocalizare. Aceștia sunt atrași de ideea că universul este un tot și că toate părțile sale se află într-o stare de interdependență coerentă și dinamică.

Fizicianul teoretician David Bohm, influențat de misticul indian Jiddu Krishnamurti, s-a numărat printre primii care au încercat să dezvolte un model holistic al universului bazat pe principii științifice. El a numit acest model „Plenitudine Indivizibilă în Mișcare Curgătoare“, în care „această curgere este anterioară celei a «lucrurilor» care pot fi văzute ca formându-se

și dizolvându-se în ea"; iar mai departe spune că „însăși viața trebuie văzută ca aparținând, într-un anume sens, unei totalități" și că aceasta e cumva „înfășurată" în întregul sistem.[13]

Ervin László, fost profesor de filozofie, teoretician al sistemelor și pianist, susține că recentele descoperiri din domeniul științelor naturale sprijină teoria existenței unui câmp care leagă și corelează instantaneu toate lucrurile din cosmos. E vorba despre o redescoperire a vechii idei mistice de *akasha* (cuvânt sanscrit care înseamnă „spațiu"), cel mai important dintre cele cinci elemente ale cosmosului, care le susține pe celelalte (aer, foc, apă și pământ) în el însuși, dar care este în același timp în afara lor. László susține că acest câmp akashic este elementul de bază al cosmosului și îl echivalează cu vidul cuantic al universului[i], care, potrivit teoreticienilor mecanicii cuantice, are o energie în stare fundamentală din care materia poate apărea în mod spontan.[14] În opinia lui László, câmpul akashic este baza originară a tuturor lucrurilor din univers și astfel sursa întregii vieți și a ceea ce leagă laolaltă întreaga viață.

Biologul botanist Rupert Sheldrake a fost timp de șapte ani director al Departamentului de Biochimie și Biologie Moleculară de la Clare College, Universitatea Cambridge. Sheldrake a plecat să cerceteze fiziologia culturilor de cereale în India, unde a discutat cu Krishnamurti și a petrecut 18 luni în *ashramul* lui Bede Griffiths. Pornind de la această experiență și adoptând perspectiva vitalistă a lui Bergson și Driesch, și-a dezvoltat ipoteza cauzalității formative, conform căreia memoria este inerentă naturii: cele mai multe dintre așa-zisele legi ale naturii sunt mai curând deprinderi dependente de întărirea asemănărilor nonlocale.[15]

Sheldrake susține că sistemele naturale sau unitățile morfice, la toate nivelurile de complexitate – atomi, molecule, cristale, celule, țesuturi, organe, organisme și societăți de organisme –, sunt animate, organizate și controlate de câmpuri morfice nonlocale ce posedă o memorie intrinsecă. Un specimen (de exemplu, o celulă individuală) dintr-un grup morfic (de exemplu, celulele hepatice), grup care și-a stabilit deja câmpul morfic colectiv prin tiparul de comportament din trecut, se va sincroniza cu acel câmp morfic al grupului și îi va citi informația colectivă printr-un proces de rezonanță morfică care ghidează propria dezvoltare a specimenului. Această dezvoltare reacționează prin rezonanță cu câmpul morfic al grupului, pe care-l întărește cu propria experiență, adăugând informație nouă care permite câmpului să evolueze.

Sheldrake sugerează că există un spectru continuu de câmpuri morfice, care include câmpurile morfogenetice, comportamentale, mentale, so-

[i]) Vezi pagina 73.

ciale și culturale. Astfel, câmpurile morfice funcționează ca baze de date universale și evolutive atât pentru formele vii, cât și pentru cele mentale, conducând la ideea unui univers viu, care evoluează și are propria memorie inerentă.

Cele mai multe dintre aceste teorii – atât din domeniul medicinii, cât și din cel al biologiei – împărtășesc opinia că știința ortodoxă, care își are rădăcinile în reducționism, este incapabilă să explice ce este viața, convingerea că universul e un întreg dinamic, alcătuit din părți interdependente conectate printr-un câmp energetic universal, asemănător celui despre care vorbeau misticii din vechime, credința că organismele vii sunt conectate cu acest câmp printr-o relație de interdependență și, în sfârșit, convingerea că această perspectivă este susținută de dovezi și e compatibilă cu principiile științifice avansate, în special cu teoria cuantică a câmpurilor.

RĂSPUNSUL ȘTIINȚEI ORTODOXE

Răspunsul științei ortodoxe contemporane la aceste ipoteze din domeniul biologiei este rezumat într-un articol de opinie referitor la ipoteza lui Sheldrake, publicat în 1981 de revista *Nature* și semnat de John Maddox, directorul editorial de la acea vreme:

> Argumentele lui Sheldrake nu au nimic științific, ci sunt un simplu exercițiu pseudoștiințific. Frizând absurdul, el afirmă că ipoteza sa poate fi testată – că poate fi supusă criteriului popperian al falsificabilității – și, într-adevăr, textul său include vreo șase propuneri de experimente care s-ar putea realiza pentru a verifica dacă formele de agregare a materiei sunt cu adevărat modelate de ipoteticele câmpuri morfogenetice, care, se presupune, străbat toate lucrurile. Aceste experimente au în comun faptul că sunt cronofage, neconcludente [...] și nepractice, în sensul că nici o agenție care acordă subvenții pentru cercetare și care se respectă nu ar lua în serios aceste propuneri [...]. O obiecție mai serioasă la argumentele sale este faptul că nu spune absolut nimic despre natura și originea câmpurilor morfogenetice fundamentale și nu propune modalități de a investiga căile prin care acestea sunt propagate. Mulți cititori vor rămâne cu impresia că Sheldrake a reușit să găsească un loc pentru magie în cadrul discuției științifice.[16]

Opoziția față de folosirea acestor idei holistice în medicină a fost condusă, între alții, de Linda Rosa, mama lui Emily, fetița precoce pomenită mai sus. Cu doi ani înainte ca experimentul lui Emily să vadă lumina tiparului (lucrarea a fost scrisă de mama sa și de alte două persoane, pe lângă Emily),

aceasta a publicat *Survey of Therapeutic Touch „Research"*, invocând existența unor greșeli metodologice și de altă natură în toate studiile pozitive.

Victor Stenger, profesor de astronomie la Universitatea din Hawaii, este un materialist înfocat care a pornit totodată o campanie împotriva a ceea ce el numește pseudoștiința folosită în practica medicală occidentală. Concluzia sa e că nu există nici o dovadă care să susțină existența energiei vitale sau a câmpului bioenergetic. Totul se poate reduce la interacțiunile electromagnetice explicate de fizica și biochimia ortodoxe, care au la bază teste și experimente temeinice. Atâta timp cât nu se poate demonstra contrariul, cu aceeași relevanță experimentală cerută în fizică, parcimonia impune ca alte explicații ale dovezilor să fie respinse.[17]

Cred că Stenger are dreptate când spune că multe afirmații sunt refutabile și că dovezile analizate până în prezent nu sunt suficiente pentru a confirma existența unui câmp cosmic răspunzător pentru fenomenul vieții.

Totuși, absența dovezilor nu este o dovadă a absenței. Un John Maddox din secolul al XVIII-lea ar fi considerat absurdă ideea existenței unui câmp cosmic răspunzător de fenomenele electrice și magnetice (potrivit științei actuale, câmpul electromagnetic are un spectru infinit). Mai mult decât atât, știința ortodoxă acceptă existența unui câmp cosmic și a vidului cuantic, cu toate că nu le poate încă explica natura.

PERSPECTIVA ȘTIINȚIFICĂ ORTODOXĂ ASUPRA VIEȚII

Să vedem acum definițiile pe care le dă vieții știința ortodoxă actuală. După Edward O. Wilson – una dintre puținele autorități internaționale care au reflectat profund asupra științei în afara propriului domeniu de specialitate, studiul furnicilor –, „reducționismul este activitatea fundamentală și esențială a științei"[18].

Cea mai mare parte a cunoașterii pe care am acumulat-o despre natură începând cu prima revoluție științifică din Occident o datorăm metodei analitice care constă în descompunerea lucrurilor în părțile componente și studierea lor. În absența ei, nu am ști că paginile acestei cărți sunt alcătuite în principal din celuloză, care e un polimer liniar de molecule ce au la bază atomi de carbon, oxigen și hidrogen, fiecare dintre aceștia fiind constituit dintr-un nucleu cu sarcină pozitivă în jurul căruia orbitează la distanțe relativ mari nori de electroni încărcați negativ, în timp ce mișcarea electronilor liberi produce electricitate și câmpuri magnetice.

Succesul spectaculos pe care l-a cunoscut reducționismul în fizica secolului al XIX-lea și a începutului de secol XX s-a repetat în biologie, în 1953, când James Watson și Francis Crick au arătat cum structura dublu-elicoidală a moleculei de ADN (acidul dezoxiribonucleic) explică ereditatea.

Totuși, reducționismul nu poate explica viața, tot așa cum descompunerea unei piese de Shakespeare în cuvinte și apoi în literele alfabetului nu poate explica personajele, emoțiile și dramatismul piesei respective.

Putem să cădem de acord că o ființă omenească este vie. Mai putem să acceptăm că fiecare dintre miliardele de celule ce o alcătuiesc este vie. Dar dacă examinăm componentele fiecărei celule, oare fiecare cromozom și fiecare proteină sunt vii? Este clar că nu, lucru valabil și pentru fiecare atom ce alcătuiește fiecare proteină.

Eșecul reducționismului[i] în a explica viața i-a făcut pe cercetători să apeleze la ideea de emergență formulată de filozoful englez John Stuart Mill în 1843 și apoi dezvoltată în sute de versiuni. În forma sa cea mai simplă, acest concept spune că întregul este mai mult decât suma părților sale, așa cum imaginea unui puzzle este evidentă doar atunci când elementele sale componente sunt organizate într-un anume fel.

Următoarea definiție, incluzând trei mari categorii largi relevante pentru întrebările prezentei investigații, propune înțelesul pe care îl dau eu acestui concept (alții folosesc aceleași cuvinte pentru a defini și a clasifica altfel).

> **emergență** Apariția uneia sau mai multor proprietăți noi ale unui întreg complex pe care nici una dintre părțile sale componente nu le posedă.
>
> „Emergența slabă“ se petrece atunci când proprietățile noi ce apar la nivel superior, se explică numai prin interacțiunea părților componente.
>
> „Emergența tare“ se petrece atunci când proprietățile noi ce apar la nivel superior nu pot fi nici reduse și nici anticipate prin interacțiunea părților componente.
>
> „Emergența sistemelor“ se petrece atunci când proprietățile noi ce apar la nivel superior interacționează în mod cauzal cu proprietăți de nivel inferior; această cauzalitate descendentă și totodată ascendentă este adesea parte a unei abordări sistemice care, spre deosebire de abordarea reducționistă, privește fiecare componentă ca pe o parte interdependentă a întregului.

Francis Crick, reducționist declarat, a admis că invocarea emergenței ar putea fi necesară, dar a afirmat că emergența slabă e suficientă pentru explicarea vieții:

> Cu toate că întregul s-ar putea să nu fie simpla sumă a părților, comportamentul său poate să fie înțeles, cel puțin în principiu, pornind de

[i]) Folosesc acest termen mai degrabă în sensul său științific decât în cel metafizic.

> la natura și comportamentul părților sale componente, alături de cunoașterea felului în care interacționează aceste părți.[19]

Paul Davies, fizician teoretician și cosmolog care conduce acum Centrul pentru Concepte Fundamentale în Știință de la Universitatea de Stat din Arizona, aplică această perspectivă asupra vieții, afirmând că

> secretul vieții nu va fi descoperit la nivelul atomilor în sine, ci în tiparul asocierii lor, în felul în care sunt aranjați laolaltă [...]. Atomii nu au nevoie să fie „însuflețiți" pentru a produce viață, ei trebuie pur și simplu să fie dispuși într-un mod complex și adecvat.[20]

Neurobiologul britanic Donald Mackey contestase însă emergența slabă în acest context dând exemplul unui panou publicitar (de genul celor din Times Square, New York) alcătuit din becuri colorate ce se aprind și se sting în mod programat pentru a forma mesajul: „Viața e mai frumoasă dacă bei Coca-Cola". Un inginer electrician poate să reducă sistemul la părțile sale componente și să explice cum și de ce se declanșează fiecare bec și cum sunt coordonate declanșările respective. Dar înțelegerea interacțiunilor dintre diferitele componente electrice nu ajută la înțelegerea și nici la prezicerea mesajului că viața e mai frumoasă dacă bei Coca-Cola. Pentru asta e nevoie de un nivel diferit de explicație. Avem de-a face cu un exemplu de emergență tare.[21]

Explicația pe care Davies o dă vieții e insuficientă. Miliardele și miliardele de celule din corpul unui om viu nu sunt pur și simplu aranjate într-un mod complex și adecvat; celulele interacționează între ele și sunt dependente unele de altele pentru a forma o ființă umană vie. Urmând această logică, viața e o proprietate emergentă a unui sistem.

O astfel de perspectivă nu ne spune totuși ce este această proprietate emergentă. Mai precis, care sunt caracteristicile prin care această proprietate emergentă pe care o numim viață se diferențiază de ceea ce nu e viu.

CARACTERISTICI ATRIBUITE VIEȚII

Deși pare ceva cât se poate de evident, oamenii de știință sau filozofii nu cad de acord asupra anumitor caracteristici ale vieții. Cei mai mulți oferă o listă. Una sau mai multe dintre următoarele caracteristici apar în majoritatea acestor liste, în timp ce numărul de caracteristici enumerate de fiecare autor variază considerabil.

a. Reproducere
b. Evoluție

c. Sensibilitate (reacție la stimuli)
d. Metabolism
e. Organizare
f. Complexitate

Aceste cuvinte pot însemna lucruri diferite pentru persoane diferite, iar dacă vrem să clarificăm care dintre aceste caracteristici sunt necesare sau suficiente pentru definirea vieții este important să clarificăm la ce se referă fiecare dintre ele.

Reproducerea

Reproducerea este prezentă în cele mai multe liste. Însă nu este o condiție suficientă. Dacă scapi un cristal de sare într-o soluție salină saturată, cristalul se va reproduce; apare un cristal mult mai mare, care reproduce precis structura cristalului originar.

Reproducerea nu este o condiție necesară. Catârii nu se reproduc, nici furnicile lucrătoare și nici multe varietăți de plante de grădină – și totuși aceste organisme sunt vii.

Rezultă că reproducerea nu este o caracteristică nici suficientă, nici necesară a vieții.

Evoluția

Și evoluția apare în multe liste, dar termenul în sine este prea vag pentru a fi folositor. Un țărm evoluează în timp ca răspuns la acțiunea mării, vântului și ploii asupra sa, dar nimeni nu-l consideră viu. Din această cauză, unii preferă termenul de „adaptare". Dar și despre țărm se poate spune că se adaptează la schimbările din mediul înconjurător.

Programul de Exobiologie al NASA este mai precis și definește viața drept „un sistem chimic autosuficient capabil să sufere o evoluție darwiniană".[22] Totuși, multe specii, cum ar fi cianobacteriile, coelacanții și unele specii de crocodil, au existat timp de cel puțin câteva sute de milioane de ani fără a suferi nici o modificare a caracteristicilor fizice. Dacă o sondă spațială NASA ar observa Pământul, cât de mult ar trebui să aștepte înainte de a stabili dacă crocodilii sunt sau nu supuși evoluției darwiniene? Din moment ce membrii speciilor aflate în stază evolutivă sunt vii, evoluția prin selecție naturală nu este o caracteristică nici necesară și nici suficientă a vieții.

Reacția la stimuli

Un fotometru răspunde la licărirea luminii prin înregistrarea modificărilor numărului de lumeni. Tot așa se comportă nenumărate alte tipuri de detectori. Deci sensibilitatea nu este o caracteristică suficientă a vieții.

O persoană aflată în comă profundă sau un animal în stare de hibernare poate să nu răspundă la stimuli, astfel încât sensibilitatea nu e o caracteristică necesară.

Metabolismul

Cele mai multe definiții ale metabolismului spun că este constituit din procesele biochimice ce au loc în interiorul unui organism viu. Dacă e nevoie de un organism viu pentru definirea metabolismului, a spune că metabolismul e o caracteristică a vieții este un argument circular.

Dacă procesele ar putea fi deduse pornind de la organismele vii, atunci e posibil ca astfel de procese să fie caracteristice vieții (și voi lua în discuție unele încercări de acest fel mai târziu, atunci când voi analiza unele definiții importante), dar metabolismul în sine e lipsit de sens dacă-l privim drept caracteristică a vieții.

Organizarea

Deși apare în multe liste, organizarea e un termen prea general pentru a fi folositor. Poate fi vorba despre dispunerea statică a părților unui întreg, de exemplu ionii dintr-un cristal, sau despre coordonarea activă a elementelor separate într-un tot sistemic, precum gestionarea diviziilor și a personalului Ford. Nici cristalul și nici compania Ford nu sunt în general considerate lucruri vii, astfel încât organizarea nu e o caracteristică suficientă a vieții.

S-ar putea argumenta că organizarea e o condiție necesară vieții, dar atunci este o condiție necesară pentru orice altceva în afară de haos. Rezultă că organizarea în sine nu e o condiție necesară decât într-un sens trivial.

Complexitatea

Complexitatea apare la rândul său în multe liste și, dacă o folosim pentru a caracteriza viața, se confruntă cu aceleași probleme ca și organizarea: un corp mort și Podul Golden Gate sunt, ambele, complexe, dar nici unul nu e viu. Complexitatea în sine nu e o condiție suficientă sau necesară decât într-un sens trivial, deoarece este o condiție a oricărui lucru care nu e absolut simplu.

Dacă nici una dintre aceste caracteristici nu e nici necesară și nici suficientă în sine, am putea oare defini viața combinând două sau mai multe dintre ele? Davies spune că „cele două trăsături ce caracterizează sistemele vii sunt complexitatea și organizarea“[23]. Doar că nu am făcut nici un progres: compania Ford e caracterizată prin organizare și complexitate.

Șase pagini mai jos, Davies spune că

> [Metabolismul] presupune prezența unui flux de energie în organism. Acest flux este impulsionat de caracterul ordonat, sau entropia nega-

tivă, al energiei consumate. Ingredientul crucial pentru menținerea vieții este deci entropia negativă.[24]

Din câte îmi dau seama, Davies a vrut să spună, urmându-l pe Prigogine[i], că un flux de energie ce străbate un sistem viu îi menține acestuia structura complexă într-o stare dinamică dar stabilă, departe de echilibrul termodinamic și în opoziție cu principiul creșterii entropiei[ii], iar această trăsătură antientropică este o caracteristică a vieții. Ea este și o caracteristică a unora dintre sistemele lipsite de viață, de exemplu vârtejurile în fluide.[iii] În plus, entropia este o măsură a gradului de dezordine dintr-un sistem izolat; un corp viu este un sistem deschis prin care circulă energie.

DEFINIȚII ALE VIEȚII

În 2004, Philip Ball, la acea vreme consultant editorial al revistei *Nature*, spunea că întregul efort de a defini viața este lipsit de sens și o pierdere de timp atât pentru filozofi, cât și pentru oamenii de știință. Argumentând că nu există granițe între ce e și ce nu e viu, Ball citează cazul virușilor. Aceștia se reproduc, evoluează și sunt organizați și complecși (comparativ cu un aminoacid, de exemplu), dar sunt paraziți. În afara unei celule vii, virusul este inactiv; el devine activ numai în interiorul unei celule-gazdă adecvate, punând stăpânire pe mecanismul ei metabolic pentru a se reproduce sub forma unor noi particule virale care apoi pot infecta alte celule.

Întrucât activitatea lor depinde de existența unei celule gazdă, virușii nu pot fi considerați primele forme de viață care au apărut pe Pământ și, în plus, nici măcar nu sunt forme de viață independente. Contrar opiniei lui Ball, potrivit căreia „nimeni nu știe dacă putem sau nu să considerăm virușii ființe vii“[25], cele mai multe surse îi definesc drept particule active sau inactive, iar nu vii sau moarte.[26]

Ball observă de asemenea că în august 2002 Eckard Wimmer și colegii săi de la Universitatea de Stat din New York au căutat pe Internet structura chimică a genomului virusului polio, au comandat segmente de material genetic de la companii care sintetizează ADN și apoi le-au legat unele de altele ca să facă un genom complet. Atunci când au amestecat totul cu enzime adecvate, acest ADN sintetic a furnizat sămânța pornind de la care se pot dezvolta particulele de virus polio. Ball nu are nici o îndoială că biologii vor fi în curând capabili să fabrice lucruri de genul celulelor, care sunt considerate în general vii, întărindu-și astfel opinia că definirea vieții nu are sens.

---

[i]) Vezi pagina 185.
[ii]) Vezi pagina 184.
[iii]) Vezi pagina 184.

Deși faptul de a bifa mecanic într-o listă tot felul de caracteristici mai mult sau mai puțin vagi nu e foarte productiv, nu trebuie să se înțeleagă că nu există diferențe între ce e viu și ce nu e viu. Există câteva încercări promițătoare de definire a vieții în termenii unui sistem care interacționează în moduri specifice cu mediul său înconjurător, iar în continuare le voi examina pe cele care sunt, în opinia mea, cele mai relevante. (Interesant este că una dintre ele e propusă de un fizician teoretician, alta de un fost fizician teoretician și alta de un biolog a cărui conjectură pornește de la fizica teoretică. Activitatea majorității biologilor de astăzi care lucrează în departamente universitare ce țin de „științele vieții" este centrată pe domenii înguste din cadrul unor subspecializări înguste ale biologiei, precum studiul vectorilor retrovirali din cadrul biologiei moleculare, și manifestă puțin interes pentru fenomenul ce le definește domeniul de activitate.)

Smolin și sistemul auto-organizat

Fizicianul teoretician Lee Smolin pornește de la ideile sistemelor complexe auto-organizate formulate de Ilya Prigogine, John Holland, Harold Morowitz, Per Bak și Stuart Kauffman pentru a construi ceea ce el numește o teorie în curs de dezvoltare menită să definească viața. (În capitolul următor, voi discuta unele dintre aceste idei subiacente, din moment ce pretind că explică apariția vieții).

Plecând de la toate acestea, Smolin a ajuns la concluzia că viața este:

1. un sistem autoorganizat aflat în stare de nonechilibru
2. ale cărui procese sunt guvernate de un program stocat simbolic în structurile ADN și ARN (acid nucleic asemănător ADN-ului, dar care formează de regulă o singură catenă de nucleotide[i]) și
3. care se poate reproduce pe sine, împreună cu programul care îl guvernează.[27]

Totuși, numai organismele unicelulare se reproduc singure. Un animal, de exemplu, nu se reproduce pe sine cu tot cu programul său ADN; sexul cu un partener produce urmași care diferă de fiecare dintre părinți și care au un program ADN diferit. Și, așa cum am spus mai devreme, există unele specii, precum catârii și furnicile lucrătoare, care nu pot avea urmași, dar îndeplinesc primele două criterii. Prin urmare, această explicație rămâne incompletă.

Fritjof Capra și rețeaua vieții

După ce a respins reducționismul ca metodă de explicare a vieții, fizicianul teoretician Fritjof Capra a încercat să realizeze o sinteză a teoriei sistemelor

[i]) Pentru o definiție completă, vezi pagina 265.

construită pornind de la ideile pe care fizicianul, filozoful, economistul și revoluționarul rus Aleksandr Bogdanov le-a formulat înainte de Primul Război Mondial (deși Occidentul a aflat de ele mult mai târziu), de la ideea auto-organizării propusă de Smolin, de la tiparele cibernetice de cauzalitate circulară care stau la baza conceptului de retroacțiune și de la matematica complexității, pentru a propune o „teorie emergentă" (mai bine zis o ipoteză în curs de dezvoltare) a vieții. Studiile chilienilor Humberto Maturana și Francisco Varela, specialiști în neuroștiințe, au exercitat o influență majoră asupra gândirii lui Capra.[28]

Capra susține că sistemele vii sunt definite de trei criterii total interdependente: tiparul de organizare, structura și procesul vital.

Tiparul de organizare

Tiparul de organizare este configurația relațiilor care determină caracteristicile esențiale ale sistemului. Pentru un lucru viu, tiparul este autopoieza. Etimologic, acest termen înseamnă autofabricare sau autoproducere, dar Capra folosește definiția dată de Maturana și Varela în 1973, conform căreia autopoieza este „tiparul de rețea în care funcția fiecărei componente e aceea de a contribui la producerea și transformarea altor componente, păstrând totodată circularitatea globală a rețelei"[29]. Cred că e vorba despre o rețea închisă de procese ce se menține pe sine continuu.

Structura

Structura este forma fizică a tiparului de organizare al unui sistem. În cazul unei ființe vii, este vorba despre o structură disipativă, așa cum a fost definită de Prigogine, adică un sistem menținut într-o stare stabilă, departe de echilibrul termodinamic, prin fluxul energiei. Deși la nivelul organizării este închisă, rețeaua autopoietică rămâne deschisă la nivel structural, având în vedere că materia și energia circulă permanent prin ea.

Procesul vieții

Procesul vieții este activitatea implicată în organizarea continuă a unui tipar autopoietic într-o structură disipativă; este cogniția, așa cum a fost definită în anii '70 de antropologul, lingvistul și cibernetician Gregory Bateson, iar apoi mai detaliat de Maturana și Varela, drept procesul cunoașterii.

Autopoieza și cogniția sunt deci două aspecte diferite ale aceluiași fenomen al vieții; toate sistemele vii sunt sisteme cognitive, iar cogniția presupune întotdeauna existența unei rețele autopoietice.

Capra susține că autopoieza este caracteristica definitorie a vieții. Există însă o problemă, deoarece Maturana și Varela folosesc jargonul teoriilor sistemelor generale și modele matematice pentru a produce o descriere

abstractă și generalizată a ceea ce ei consideră că este cel mai simplu sistem viu: celula. Deși consider că e important să fie evitate caracteristicile atât de specifice încât produc raționamente circulare (precum „metabolismul"), Maturana și Varela folosesc autopoieza într-un mod atât de abstract încât definesc trăsătura invariantă a unui sistem viu fără să se raporteze la lucruri precum funcția sau scopul. În opinia lor, comportamentul unui sistem îi este atribuit acestuia de cineva care-l observă interacționând cu mediul său înconjurător, nu este o caracteristică în sine a sistemului.

Totuși, dacă sistemul interacționează concret și invariabil cu mediul său înconjurător, atunci avem de-a face cu o caracteristică a sistemului. Potrivit descrierilor lui Maturana și Varela, o interacțiune invariabilă a unui sistem autopoietic cu mediul său înconjurător are scopul de a repara și a menține sistemul. Fără acest scop, forma de viață moare.

Evitarea scopului

Evitarea atribuirii unui scop ființelor vii este larg răspândită în rândul oamenilor de știință; scopul apare foarte rar sau aproape deloc în lista lor de caracteristici. Unii cercetători par să confunde teologia cu teleologia – explicarea evenimentelor în termeni de scop – și se tem să nu fie acuzați că sugerează existența unui creator divin. Dar scopul nu are nici o legătură cu așa ceva. Alții sunt reținuți cu privire la acest termen, deoarece scopul implică de regulă intenția. Acțiunile animalelor sunt într-adevăr intenționale: de exemplu, dumneavoastră întoarceți paginile acestei cărți pentru a citi conținutul sau un uliu se năpustește din înaltul cerului ca să prindă un șoarece. Totuși, acțiunile formelor de viață mai primitive – o plantă care-și întinde frunzele în lumina soarelui pentru a genera energie prin fotosinteză sau o bacterie care înoată către o sursă de hrană – sunt considerate de obicei reacții la stimuli, instinctive sau determinate intern, iar nu acte intenționale. Prin urmare, ar fi mai indicat să folosim expresia „acțiune determinată intern" ca însușire a tuturor formelor de viață; nu există nici o lege fizică sau chimică care să spună că omul, uliul, bacteria sau planta trebuie să acționeze într-un anumit fel și nu există nici un obiect lipsit de viață, precum apa sau piatra, care să întreprindă vreo acțiune determinată intern.

McFadden și viața cuantică

Johnjoe McFadden, profesor de genetică moleculară la Universitatea Surrey, Anglia, este unul dintre cercetătorii care nu ocolesc o astfel de caracteristică. El consideră că viața e capacitatea de a desfășura acțiuni directe împotriva forțelor exterioare dominante.

Unul dintre exemplele pe care le oferă în sprijinul acestei afirmații este cel al somonului care înoată împotriva curentului apelor unui râu – neîn-

sufletit, aflat sub imperiul forței gravitației. Somonul se comportă astfel fiindcă urmărește să ajungă cât mai în amonte pentru a se reproduce.

Viața, spune McFadden, sfidează determinismul, principiu aflat în centrul mecanicii newtoniene, care spune că starea prezentă sau viitoare a oricărui sistem e determinată numai de trecut: dacă cunoști configurația precisă a unui sistem și îi aplici legile fizicii și chimiei, îi poți calcula în principiu comportamentul viitor. Nu putem explica viața numai prin intermediul științei clasice, care nu ne poate spune în ce fel ființele vii sunt capabile să-și orienteze acțiunile în concordanță cu propria agendă internă, așa cum face somonul.

Soluția lui McFadden nu presupune invocarea unui creator divin care ar înzestra ființele vii cu scopuri. În opinia sa, ființele vii pot acționa împotriva legilor naturii definite de știința clasică datorită mișcării particulelor elementare, mișcare guvernată de legile non-deterministe ale teoriei cuantice.[30]

Voi discuta mai în detaliu la această idee în capitolul următor, deoarece McFadden propune o teorie cuantică a apariției și evoluției vieții.

O DEFINIȚIE PROVIZORIE A VIEȚII

Pentru a înțelege cum a apărut viața din atomii și moleculele care alcătuiau Pământul nou format, trebuie să clarificăm ce e viața. După cum am văzut, este foarte greu să ajungi la o definiție rezonabilă, mai ales că nu există unanimitate între oamenii de știință sau filozofi. Definiția provizorie pe care o propun aici este următoarea:

> **viață** Capacitatea unei entități închise de a reacționa la modificările ce se produc în interiorul său și în mediul înconjurător, pentru a extrage energie și materie din acel mediu și a transforma acea energie și acea materie într-o activitate determinată intern ce include conservarea propriei existențe.

O formă de viață poate avea capacitatea de a produce descendenți, dar aceasta nu e o caracteristică necesară.

CONCLUZII

Definiția de mai sus respinge argumentul că nu există nici o deosebire între ceea ce este și ceea ce nu este viu; lucrurile lipsite de viață nu sunt în mod obligatoriu închise și nu posedă funcțiile și activitatea determinată intern specifice ființelor vii. Faptul că granița dintre viață și lipsa vieții nu e foarte

clară, așa cum se întâmplă în cazul unui virus, nu înseamnă că această graniță nu există. Tranziția de la lipsa vieții la viață nu presupune doar o diferență de grad, ci și una de natură. E o diferență analogă unei schimbări de fază, tot așa cum apa în stare gazoasă e calitativ diferită de apa în stare lichidă, și nu e pur și simplu apă fierbinte, chiar dacă suprafața apei care fierbe nu constituie o graniță clară.

În capitolul următor voi analiza cum și când a avut loc această tranziție.

CAPITOLUL 14

Apariția vieții 1: dovezile

> Dacă, deci, s-ar privi situațiile evoluând natural de la început, [...] s-ar putea ajunge astfel la reflecția cea mai exactă.[i]
>
> —Aristotel, secolul al IV-lea î.Hr.

Voi încerca să stabilesc cum a apărut viața pe Pământ, examinând dovezile privitoare la cele mai timpurii forme de viață de pe această planetă, să lămuresc dacă viața a apărut numai o singură dată pe Pământ – caz în care toate formele de viață existente sunt descendente ale unui strămoș comun – sau diversele forme de viață au apărut în diferite locuri și perioade și să identific caracteristicile celor mai vechi forme de viață. În capitolul următor voi evalua numeroasele ipoteze propuse pentru a explica cum au apărut astfel de forme de viață din materia neînsufletită.

DOVEZILE DIRECTE

Deși nu avem o definiție general acceptată a vieții, cei mai mulți oameni de știință admit că cea mai veche formă de viață trebuie să fi fost și cea mai simplă. Este vorba despre un procariot capabil să-și susțină existența, o celulă care nu are materialul genetic închis în interiorul unui nucleu. Biologii și geologii caută dovezi ale existenței unor astfel de forme de viață în două surse: fosilele și extremofilele, organisme actuale care trăiesc în condiții extreme considerate asemănătoare cu cele de pe Pământ la începuturile sale.

Fosilele

Fosilele sunt rămășițe ale formelor de viață mineralizate sau conservate sub altă formă. De obicei se găsesc în rocile sedimentare, dar pot fi conservate și protejate de descompunere datorită temperaturilor foarte scăzute, desecării sau unui mediu anoxic (lipsit de oxigen).

Cercetătorii care încearcă să găsească cele mai vechi fosile se confruntă cu două probleme. În primul rând, există foarte puține organisme fosilizate: cele mai multe au fost mâncate – vii sau moarte – de alte organisme sau s-au descompus după moarte. În al doilea rând, puținele fosile existente

[i]) Aristotel, *Politica* 1252a.25, trad. de Raluca Grigoriu, Paideia, București, 2001 (*n. red.*).

se formează când organismul este acoperit imediat după moarte de sedimente (precum nisipul sau mâlul), care îl comprimă și îl integrează în rocile sedimentare. Dar primele miliarde de ani de existență a Pământului nu au lăsat în urma lor multe roci sedimentare, aproape toate fiind metamorfozate de procese capabile să distrugă orice rămășițe fosilizate.

Până în anul 1993, cele mai vechi dovezi cunoscute se găseau în straturi de chert, o rocă sedimentară microcristalină din zona montană Gunflint, aflată în vestul regiunii Ontario din Canada. Între 1953 și 1965, botanistul Elso Barghoorn, de la Universitatea Harvard, și geologul Stanley Tyler, de la Universitatea din Wisconsin, au descoperit fosile cu o structură intactă și o morfologie bine definită provenind de la 12 specii noi, printre care se aflau microorganisme ramificate complexe a căror vechime, determinată prin datarea radiometrică a straturilor de chert, a fost stabilită la aproximativ două miliarde de ani.[1] Dacă aceste structuri complexe au evoluat din forme mai simple de viață, atunci viața trebuie să fi apărut mai înainte.

Bill Schopf, un paleobiolog de la Universitatea din California, Los Angeles, și-a propus să găsească aceste forme de viață mai timpurii investigând roci sedimentare mult mai vechi din zona Pilbara, situată în vestul Australiei, care, potrivit metodelor foarte precise de datare radiometrică uraniu-plumb, au o vechime de 3,465 miliarde de ani. Aceste roci fuseseră metamorfozate, dar în 1993 Schopf a anunțat că a descoperit 11 microfosile cu structuri diferite ce aparțin mai multor specii de cianobacterii (bacterii albastre-verzui, anterior clasificate drept alge). El și-a susținut afirmația prin analiza conținutului în izotopi de carbon al fosilelor. Această tehnică e asemănătoare cu metoda datării cu radiocarbon descrisă mai înainte.[i] Cel mai comun izotop, carbon-12, este mai reactiv decât carbon-13 și participă la fotosinteză, proces prin care dioxidul de carbon din atmosferă e transformat în material organic. În consecință, raportul dintre carbon-13 și carbon-12 în carbonul biogenic este cu 3% mai scăzut decât în carbonul anorganic, iar acest raport se păstrează și după procesele metamorfice care distrug microfosilele. Schopf a afirmat că specimenele sale prezintă acest raport caracteristic.[2]

Anunțul a făcut senzație la vremea respectivă. Rezultatele dădeau de înțeles că forme mai simple de viață trebuie să fi existat și mai devreme, adică în era hadeană, când Pământul era bombardat de asteroizi și alte resturi ale formării planetare.

Și astfel a început vânătoarea de dovezi. Stephen Mojzsis, doctorand la Institutul Oceanografic Scripps de la Universitatea din California, San Diego, a studiat stâncile Isua din vestul Groenlandei, care fuseseră datate la 3,8 miliarde de ani vechime. Aceste roci au trecut printr-un proces de me-

[i]) Vezi pagina 211.

tamorfoză mult mai accentuat decât cele din Pilbara. Analizele estimative au sugerat că în decurs de un miliard de ani de sedimentare rocile au fost expuse la temperaturi de 500° C și la presiuni mai mari de 5.000 de atmosfere ceea ce ar fi distrus orice fosilă. Cu toate astea, Mojzsis și echipa sa au anunțat în 1996 că au găsit dovezi ale prezenței vieții nu numai în aceste roci, dar și în roci mai vechi cu 50 de milioane de ani, lângă insula Akilia, ceea ce situează cele mai vechi forme de viață în urmă cu 3,85 miliarde de ani, în era hadeană.

Urmele de carbon erau alcătuite din globule incredibil de mici – de o bilionime de gram –, însă Mojzsis le-a analizat cu o microsondă ionică și le-a calculat compoziția izotopică prin intermediul unui spectrometru de masă cu sectoare magnetice. Toate indicau o reducere a izotopului carbon-13. În plus, echipa a găsit aceste urme de carbon încrustate în granule de apatită; deși acest mineral este un element constitutiv minor destul de des întâlnit în cazul rocilor, el se găsește și în organisme, astfel încât dovezile care sugerau prezența vieții erau și mai concludente.[3]

Deși au existat incertitudini cu privire la vârsta rocilor de pe Akilia, timp de șase ani paleobiologii au acceptat dovezile existenței vieții în era hadeană.

Totuși, în 2002, Christopher Fedo, de la Departamentul de Științe ale Pământului și Mediului, Universitatea George Washington, și Martin Whitehouse, de la Laboratorul pentru Geologia Izotopilor din cadrul Muzeului de Istorie Naturală din Suedia, au contestat afirmația lui Mojzsis că ar fi găsit carbon în straturile unei roci sedimentare cunoscute sub denumirea de formațiune feroasă în benzi. După ce au analizat roca, cei doi au ajuns la concluzia că este formată în urma unei vechi activități vulcanice și că, de aceea, nu ar putea să conțină rămășițe organice. Ei sugerau de asemenea că nu poți să presupui că diminuarea izotopului carbon-13 a fost cauzată numai de activitatea biologică.[4] Mojzsis și colegii săi au contestat apoi datele lui Fedo și Whitehouse și felul în care le-au interpretat.[5]

În același an, Martin Brasier și colegii săi de la Universitatea Oxford au anunțat că au examinat în detaliu probele lui Schopf și că nu e vorba de o morfologie ce are la origine celule și cu atât mai puțin cianobacterii. Brasier a susținut că globulele de carbon s-au format probabil prin acțiunea apei clocotite asupra mineralelor din sedimentul înconjurător.[6] Schopf și-a apărat afirmațiile, dar a fost subminat de Bonnie Packer, o fostă studentă și colaboratoare, care a declarat că Schopf alesese să prezinte numai anumite dovezi îi ignorase criticile.[7]

În 2006 și 2007, echipa condusă de Mojzsis care făcuse cercetări pe insula Akilia a răspuns criticilor, dar opinia generală a specialiștilor interdisciplinari ce lucrează în acest domeniu este aceea că dovezile de până acum nu susțin ipoteza că cele mai vechi forme de viață de pe Pământ datează de

acum 3,85 miliarde de ani. Datele actuale susțin doar ipoteza că organismele numite extremofile au existat probabil acum 3,5 miliarde de ani, cu aproape un miliard de ani după formarea Pământului.

Extremofilele

Afirmația inițială a lui Mojzsis că a găsit viață datând din perioada ce corespunde ultimului mare bombardament suferit de Pământul timpuriu a retrezit interesul pentru studierea extremofilelor. Patru tipuri de extremofile oferă indicii promițătoare cu privire la organismele care ar fi putut să existe în condițiile extreme ale acelei perioade: termofilele de suprafață, termofilele suboceanice, acidofilele de peșteră și termofilele subterane.

Termofilele de suprafață

Termofilele sunt organisme care trăiesc la temperaturi foarte înalte. În 1967, microbiologul Thomas Brock, de la Universitatea din Wisconsin, a izolat alge și bacterii din spuma fierbinte de la suprafața unui izvor vulcanic din Parcul Național Yellowstone, Wyoming, unde apa de ploaie se scurge printre rocile de la suprafață și întâlnește magma încinsă din interior, care o supraîncălzește și o face să țâșnească spre exterior împreună cu aburi, formând lagune fierbinți.

Termofilele suboceanice

Explorând fundul Pacificului într-un clopot pentru scufundări special construit, geologul John Corliss, de la Universitatea de Stat din Oregon, și geochimistul marin John Edmond, de la Institutul de Tehnologie din Massachusetts, au descoperit în 1979 anemone de mare, midii, scoici gigantice, creveți în miniatură și pești roz serpentiformi cu ochii bulbucați care trăiesc în întuneric absolut și la o presiune imensă în apele relativ reci ce înconjoară zone marine încălzite până la 400º C de magma din fosa tectonică Galápagos, aflată la o adâncime de aproximativ 2,5 km.[8] Pe pereții încinși ai coșurilor de lavă solidificată pot trăi specii de bacterii la o temperatură de până la 121° C.[9] În lipsa luminii solare, ele își extrag energia pentru supraviețuire din hidrogenul sulfurat.

Acidofilele de peșteră

Acidofilul e un organism care există în condiții de aciditate crescută. În prima decadă a secolului XXI, Diana Northup, de la Departamentul de Biologie al Universității New Mexico, și Penny Boston, de la Departamentul de Științe ale Pământului și Mediului al Institutului de Cercetări Miniere și Tehnologie din New Mexico, au examinat peștera Cueva de Villa Luz, de lângă Tabasco, Mexic. Aceasta are o atmosferă toxică, cu o concentrație ridicată de monoxid de carbon și un puternic miros de hidrogen sulfurat, în

timp ce pereții sunt îmbibați cu acid sulfuric la fel de puternic ca acidul dintr-o baterie. De tavanul peșterii atârnă, ca niște stalactite, colonii de bacterii mucilaginoase. Dovezile genetice sugerează că aceste bacterii sunt străvechi. Își extrag energia din chemosinteza compușilor sulfurici vulcanici și din picăturile de acid sulfuric cald.[10]

Deoarece condițiile din peșteră sunt asemănătoare cu cele care ar fi existat pe Pământul timpuriu, unii microbiologi consideră că aceste bacterii reprezintă cele mai vechi forme de viață.

Termofilele subterane

Este discutabil dacă termofilele suboceanice, cele de suprafață sau acidofilele de peșteră seamănă cu cele mai vechi forme de viață de pe Pământ. Vechimea termofilelor din prima categorie depinde de perioada în care au apărut oceanele adânci pe Pământ. Atât vechimea de 4,3 miliarde de ani estimată de Mojzsis, cât și cea de 4,35 miliarde estimată de Watson și Harrison au fost puse în discuție.[i]

James Hall, microbiolog la Universitatea Princeton, consideră că termofilele de suprafață și acidofilele de peșteră nu ar fi putut supraviețui ultimului mare bombardament suferit de Pământul timpuriu și că reprezintă exemple de viață din a doua generație. El și alți specialiști din noul domeniu al geomicrobiologiei (bazat pe geologie, geofizică, hidrologie, geochimie, biochimie și microbiologie) și-au orientat cercetările spre adâncurile Pământului, unde viața ar fi putut fi adăpostită de impact.

Acești cercetători își obțin dovezile profitând de operațiunile de explorare petrolieră și de existența puțurilor miniere. Puțurile s-au dovedit a fi o sursă mult mai adâncă și mai productivă. În 2006, de exemplu, Tullis Onstott, geolog la Universitatea Princeton, a condus o echipă multidisciplinară care a însoțit inginerii geologi ce forau într-o rocă veche de 2,7 miliarde de ani, aflată la o adâncime de 2,825 km în mina de aur Mponeng, situată în West Rand, Africa de Sud. Când burghiul a dat peste fisuri în rocă, la suprafață a ieșit apă sărată fierbinte și urât mirositoare ce conținea microbi termofili care au murit la contactul cu oxigenul. În loc să-și obțină energia de la lumina solară, acești microbi supraviețuiesc extrăgând energia din compuși sulfurici și hidrogen rezultate în urma descompunerii apei prin degradarea radioactivă a uraniului, torului și potasiului. Metabolismul lor e mult mai lent și probabil mai puțin eficient decât al microbilor de la suprafață. Analiza apei a arătat că stratul respectiv a fost izolat de suprafața Pământului mai multe milioane de ani și că hidrocarburile din mediul înconjurător nu proveneau de la organismele vii, cum se întâmplă de regulă.[11]

[i]) Vezi pagina 219.

Deși analizele genetice indică faptul că unele dintre extremofilele descoperite la acea adâncime sunt străvechi, nu înseamnă că avem de-a face cu o probă empirică a existenței unor astfel de forme de viață în condițiile extreme din era hadeană, care începe după formarea Pământului, petrecută în urmă cu 4,5 miliarde de ani, și se întinde pe o perioadă de 700 de milioane de ani. Este de asemenea posibil ca acestea să fi evoluat din alte forme de viață, adaptându-se la un mediu cu temperaturi înalte, aciditate crescută, presiune crescută și lipsit de lumina solară, care se dezvoltase în apropierea coșurilor magmatice pe măsură ce oceanele s-au adâncit și către care fuseseră transportate de curenți de apă.

DOVEZILE INDIRECTE

În absența unor dovezi empirice de netăgăduit, îmi voi îndrepta atenția acum către ipoteze despre cele mai timpurii forme de viață de pe Pământ, căutând răspunsuri la întrebarea dacă viața așa cum o cunoaștem acum are o singură origine sau mai multe.

Unii cercetători au sugerat că viața ar fi putut să apară în momente diferite și că respectivele forme de viață au fost eliminate din cauza bombardamentului asteroizilor. În lipsa dovezilor, astfel de idei rămân pure speculații; în plus, ele nu încearcă să lămurească dacă respectivele forme de viață au avut strămoși comuni sau diferiți.

Analizele genetice

Carl Woese, de la Universitatea din Illinois, a descoperit că genele care codifică ARN-ul ribozomilor (unitățile celulare care fabrică proteine) sunt foarte vechi și există în tot felul de organisme. În 1977, Woese a publicat o analiză genetică a subunităților ribozomale de ARN specifice unei game largi de celule și le-a clasificat potrivit asemănării lor moleculare. Presupunând că diferențele reprezintă schimbări evolutive, el a susținut că arborele genetic rezultat descrie liniile lor evolutive într-un mod mai precis decât probele fosile incomplete sau evaluările subiective ale formei și dimensiunilor organismelor.[i]

Figura 14.1 reprezintă o versiune actualizată de specialistul în biologie moleculară Norman Pace a arborelui filogenetic alcătuit de Woese, care grupează toate celulele în trei domenii.

[i]) Biologul Lynn Margulis, la acea vreme profesor la Universitatea din Massachusetts, și alții au contestat folosirea unei singure caracteristici. Voi discuta mai pe larg acest lucru când vom examina dovezile evoluției biologice.

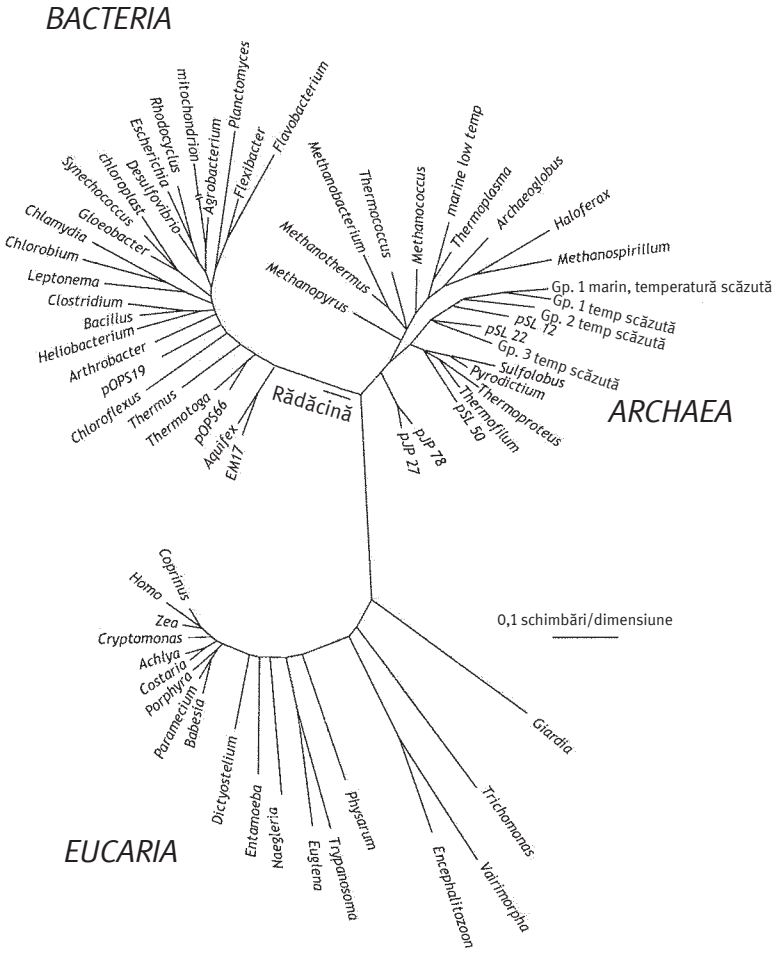


Figura 14.1 Arborele filogenetic universal. Poziția și lungimea fiecărei ramuri este determinată prin compararea ARN-ului ribozomal.

Diferiți autori folosesc nume diferite pentru aceste trei grupe majore de forme de viață. Urmând munca inovatoare a lui Woese, numele prezentate în diagramă au fost adaptate pentru diferențierea clară dintre cele două tipuri de procariote, domeniile Archaea și Bacteria, și le voi folosi din motive de coerență; totuși, unii biologi evoluționiști au revenit în ultima vreme la vechile denumiri – archaebacteria și eubacteria – în urma analizei genomurilor complete, despre care voi vorbi mai jos.

Bacteria Organisme unicelulare extrem de mici, a căror informație genetică, codificată într-o buclă de ADN dublu catenar, nu este cuprinsă

într-un nucleu prevăzut cu membrană (de aici și denumirea de procariote). În plus față de acest nucleoid, celula mai poate conține una sau mai multe plasmide, fragmente separate circulare de ADN care se pot replica independent și nu sunt răspunzătoare de reproducerea organismului. Cele mai multe bacterii se reproduc prin diviziunea în două copii identice și au diferite forme, inclusiv sfere, bastonașe, spirale și virgule.

Archaea Procariote care diferă de bacterii atât în privința alcătuirii genetice, cât și prin compoziția membranelor și pereților celulari. Ele includ cea mai mare parte a extremofilelor. Deși sunt structural asemănătoare bacteriilor, ADN-ul lor cromozomial și structura lor celulară seamănă mai curând cu cea a eucariotelor.

Eucaria Organisme ale căror celule încorporează un nucleu ce conține informația genetică a celulei și e delimitat de o membrană, la care se adaugă organite, adică structuri separate ce îndeplinesc funcții specifice. Aceste organisme sunt mai mari și mult mai complexe structural și funcțional decât procariotele, cuprinzând organisme unicelulare, precum amiba, și toate organismele pluricelulare, precum plantele, animalele și oamenii.

Majoritatea celulelor eucariote se reproduc generând cópii identice cu ele. Totuși, organismele pluricelulare cuprind un tip de celulă eucariotă, numită gamet, care poate fuziona cu un gamet provenit de la un alt organism, pentru a produce un organism fiică ce posedă caracteristici genetice ale fiecărui părinte. Comparativ cu reproducerea asexuată a procariotelor, această reproducere sexuată combină gene parentale diferite în celula fiică.

Strămoș comun universal?

Aproape toate cunoștințele noastre despre biologie provin din analiza plantelor, a animalelor și a oamenilor. Cu toate astea, în arborele filogenetic universal reprodus mai sus fungii (reprezentați de genul *Coprinus*), plantele (reprezentate de genul *Zea*) și animalele și oamenii (reprezentați de genul *Homo*) constituie numai trei subramuri mici și periferice ale uneia dintre cele douăsprezece ramuri distincte din punct de vedere genetic ale eucariotelor (care uneori au și ele subramuri), separate de ramurile mult mai numeroase ale domeniilor Bacteria și Archaea.

Numai în jur de o sută de gene sunt comune tuturor organismelor vii cunoscute, dar analizele care permit evaluarea pierderii de gene specifice fiecărei filiații sugerează că un ultim strămoș comun universal, indicat prin „Rădăcină“ în diagramă, poseda probabil de zece ori mai multe gene.[12]

Natura acestui strămoș este încă subiect de dispută între biologii evoluționiști. Woese conchide că:

> Strămoșul nu se poate să fi fost un organism particular [...]. A fost o aglomerare comunitară, fără coeziune și diversă de celule primitive care au evoluat ca o unitate și care s-au dezvoltat până la stadiul în care s-au separat în mai multe comunități distincte, care la rândul lor au devenit cele trei linii genealogice primare [Bacteria, Archaea și Eucaria].[13]

De la începutul secolului XXI s-au descoperit importante transferuri genetice orizontale (numite și transferuri genetice laterale) nu numai între procariotele înrudite, dar și între procariote care nu sunt strâns înrudite în arborii filogenetici.[14]

În 2009, mai mulți biologi evoluționiști au susținut că nu există un strămoș comun universal; viața a apărut sub forma „uneia sau mai multor populații ce conțin diferite organisme. În plus, aceste organisme probabil nu au trăit în același timp".[15]

În privința apariției vieții, ideea de populație se confruntă cu următoarea problemă: în condițiile în care fiecare membru al unei populații este un organism, adică o formă de viață, așa cum se înțelege în general și în conformitate cu definiția vieții propusă la pagina 253, nu se poate spune din ce anume sau cum a apărut fiecare membru; dacă fiecare membru nu e o formă independentă de viață, atunci ideea de populație pur și simplu întărește concluzia din capitolul 13, conform căreia granița dintre viață și lipsa vieții nu e foarte clară; dar și o graniță neclară e tot o graniță.

În 2010, bioinformaticianul Douglas Theobald, de la Universitatea Brandeis, a făcut o comparație statistică a diferitelor ipoteze alternative și a conchis că:

> Testele de selecție a modelului susțin în foarte mare măsură existența unui strămoș universal comun, indiferent de prezența transferului orizontal de gene și de evenimentele ce implică fuziune simbiotică.[16]

Această afirmație întărește opinia ortodoxă actuală din biologie potrivit căreia viața a apărut pe Pământ o singură dată și există un singur strămoș comun, deși încă nu există unanimitate în rândul specialiștilor în biologie moleculară cu privire la poziția pe care acest strămoș comun ar trebui s-o ocupe în arborele genealogic și cu privire la relația lui cu cele trei grupuri majore. Consensul actual, dar nicidecum unanim, este că rădăcina se situează între Archaea și Bacteria.

Faptul că unele arhee sunt extremofile (trăind în condiții asemănătoare cu cele care existau pe Pământ în urmă cu 3,5 miliarde de ani) și că

genomurile lor au o vechime uriașă ne sugerează că cea mai veche formă de viață se poate să fi fost un archaeon sau un strămoș al unui archaeon. Tom Cavalier-Smith, specialist în taxonomie de la Universitatea Oxford, se opune vehement acestei opinii, susținând că mecanismul celular al grupului Archaea arată că acestea sunt descendente îndepărtate ale bacteriilor.[17] Dovezile nu sunt concludente și nu cred că vom avea vreodată astfel de dovezi.

DIMENSIUNEA, COMPLEXITATEA, STRUCTURA ȘI FUNCȚIONAREA CELEI MAI SIMPLE CELULE

Pentru a evalua ideile referitoare la apariția vieții pe Pământ, trebuie să înțelegem diferența dintre dimensiunea, complexitatea, structura și funcționarea moleculelor care au evoluat la suprafața Pământului timpuriu (sau pe asteroizii și cometele care le-au depozitat pe suprafața Pământului în timpul bombardamentului) și dimensiunea, complexitatea, structura și funcționarea celei mai simple forme de viață independentă pe care o cunoaștem: procariotul unicelular.

Dimensiunea

Cele mai multe procariote au o lungime ce variază între o miime și o sutime de milimetru și sunt de diferite forme, inclusiv sfere, bastonașe, spirale și virgule.

Componentele și structura

Figura 14.2 prezintă componentele și structura unei bacterii simple, care seamănă cu cele ale unei arhee (nu e nevoie să ne preocupăm aici de diferențele biochimice și stereochimice dintre ele).

Dacă examinăm părțile acestei celule și felul în care interacționează între ele, putem observa că esența funcționării unei forme de viață atât de simple este propriul ADN.

ADN-UL

ADN Acidul dezoxiribonucleic, localizat în celule, conține informația genetică folosită pentru supraviețuirea și reproducerea tuturor organismelor independente cunoscute și a unor viruși.

Fiecare moleculă de ADN e alcătuită de obicei din două catene lungi cu patru nucleotide dispuse într-o ordine strict determinată; catenele sunt răsucite într-o formă dublu-elicoidală și sunt legate între ele prin punți de hidrogen aflate între bazele complementare adenină (A) și

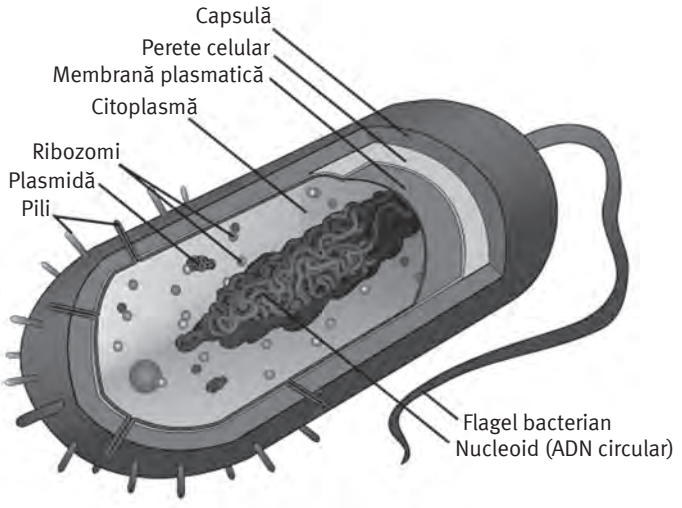


Figura 14.2 Structura unei bacterii.

timină (T) sau citozină (C) și guanină (G), astfel încât structura seamănă cu o scară răsucită.

Când ADN-ul este copiat într-o celulă, cele două catene se separă și fiecare dintre ele are rol de matriță pentru asamblarea unei noi catene complementare pornind de la molecule aflate în celulă.

Catenele ADN servesc de asemenea ca matriță pentru sinteza proteinelor din celulă printr-un mecanism ce folosește un alt acid nucleic, ARN-ul, ca intermediar.

ARN Acidul ribonucleic seamănă cu ADN-ul fiindcă e alcătuit dintr-o catenă cu patru nucleotide dispuse într-o ordine strict determinată, dar în acest caz timina (T) e înlocuită de uracil (U), care, alături de adenină (A), citozină (C) și guanină (G), formează bazele nucleotidelor; structura sa este monocatenară, cu excepția unor viruși.

genă Unitatea fundamentală a eredității, alcătuită în mod normal din segmente de ADN (la unii viruși genele sunt alcătuite din segmente de ARN, nu de ADN); secvența bazelor din fiecare genă determină caracteristicile eredității individuale, de obicei prin codificarea sintezei de proteine. Segmentele sunt de obicei separate, astfel încât unele părți se află în zone mai îndepărtate ale cromozomului și se întrepătrund cu alte gene.

cromozom Structura care conține informația genetică a celulei. Într-o celulă eucariotă, cromozomul e reprezentat de o structură filiformă de ADN dublu catenar înfășurată în jurul unui miez proteic din interiorul nucleului celular; pe lângă acest cromozom nuclear, celula mai poate conține alți cromozomi mai mici, prezenți, de exemplu, în mitocondrii. În cazul unei celule procariote cromozomul e reprezentat de o singură buclă strânsă de ADN. Celula mai poate conține una sau mai multe formațiuni circulare mici de ADN, numite plasmide.

În cazul celei mai simple arhee sau bacterii, cromozomul arată ca o buclă unică de ADN dublu catenar pliată pentru a încăpea în celulă, după cum se vede în figura 14.2.

Fizicianul, chimistul și filozoful Michael Polanyi sublinia că, în timp ce capacitatea ADN-ului de a împerechea bazele (A-T și C-G) este determinată în totalitate de legi chimice, nu același lucru se poate spune și despre *secvența* bazelor de ADN. ADN-ul este capabil să formeze orice succesiune imaginabilă de baze, oricât de lungă și cu orice compoziție. Informația

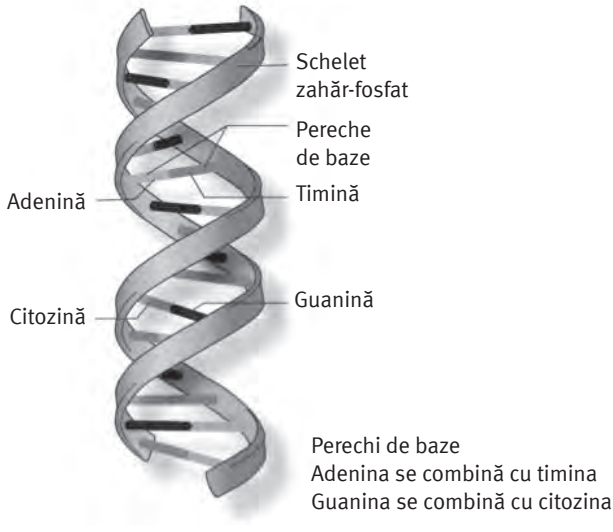


Figura 14.3 Reprezentarea schematică a structurii ADN-ului. Fiecare moleculă de ADN e alcătuită din două catene lungi care se înfășoară una în jurul celeilalte pentru a forma o structură dublu-elicoidală. Fiecare catenă are un schelet format dintr-o alternanță de molecule de zahar (dezoxiriboză) și grupări de fosfați. Fiecărui zahar îi este atașată una din cele patru baze: adenina, citozina, guanina și timina. Cele două catene sunt ținute laolaltă prin punți de hidrogen formate între baze complementare, adenina formând o pereche de baze cu timina, iar citozina formând o pereche de baze cu guanina, astfel încât structura seamănă cu o scară răsucită.

care determină cum funcționează celula, cum se repară și se reproduce este conținută într-o secvență particulară, iar aceasta e ireductibilă: nu poate fi dedusă din cunoașterea părților sale constitutive, a modului în care acestea interacționează sau a legilor fizice și chimice.[18]

Ipoteticul strămoș comun avea probabil între 800 și 1.000 de gene. Bacteria *Mycoplasma genitalium* are în jur de 470 de gene alcătuite din aproximativ 580.000 de perechi de baze ADN. Totuși, această bacterie este un parazit care depinde de alte celule care-i asigură majoritatea proceselor biosintetice. Este așadar rezonabil să presupunem că, pentru a putea funcționa independent, acest strămoș comun trebuie să fi avut cel puțin 600.000 de perechi de baze ADN. Din moment ce fiecare bază face parte dintr-o nucleotidă alcătuită din bază, zahar și una sau mai multe grupări de fosfați, adică un total de 30 de atomi, rezultă că propriul său cromozom e alcătuit din cel puțin 36 de milioane de atomi dispuși într-o structură foarte specifică și complexă care se modifică odată cu funcționarea celulei.

Ribozomul

Celula fabrică proteine pentru repararea și întreținerea proprie printr-o catenă de ADN ce funcționează ca o matriță pentru alcătuirea ARN-ului mesager din moleculele celulei. ARN-ul mesager transportă apoi informația genetică provenită de la ADN și codificată în secvența sa de baze către un ribozom.

ribozom Particulă rotundă compusă din ARN și proteine, aflată în citoplasma celulelor. Servește ca loc de asamblare a proteinelor prin traducerea codului genetic liniar deținut de ARN-ul mesager într-o secvență liniară de aminoacizi.

proteină O moleculă alcătuită dintr-o catenă ce cuprinde de la 50 până la câteva mii de aminoacizi care asigură structura și controlează reacțiile tuturor celulelor. Proteina este caracterizată de o secvență formată din până la 20 de tipuri diferite de aminoacizi care alcătuiesc catena plus configurația tridimensională a catenei respective.

Cele mai simple arhee sintetizează proteine ce cuprind de la 50 până la 300 de aminoacizi.

aminoacid O moleculă alcătuită dintr-un atom de carbon legat de o grupare amino (–NH2), o grupare carboxil (–COOH), un atom de hidrogen și o a patra grupare care diferă de la un aminoacid la altul și care este adesea numită grupare –R sau catenă laterală. Gruparea –R, care poate varia foarte mult, este răspunzătoare de variația proprietăților chimice ale moleculei.

Aminoacizii există de obicei sub două forme sau izomeri optici, în care poziția grupării –R și cea a grupării carboxil sunt inversate. Acest fenomen e numit chiralitate, iar una dintre forme este numită dextro sau D (de la cuvântul latin *dexter*, dreapta), pe când cealaltă este numită levo sau L (de la cuvântul latin *laevus*, stânga). Aproape toți aminoacizii din celule au forma L.

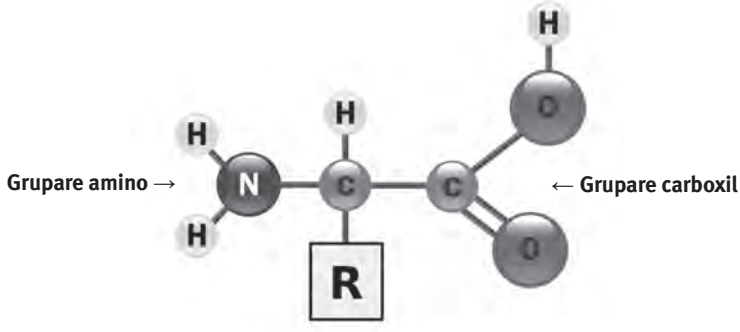


Figura 14.4 Structura unui aminoacid. Gruparea carboxil a unui aminoacid se poate combina chimic cu gruparea amino a altui aminoacid prin eliberarea unei molecule de apă pentru a forma ceea ce se numește o legătură peptidică.

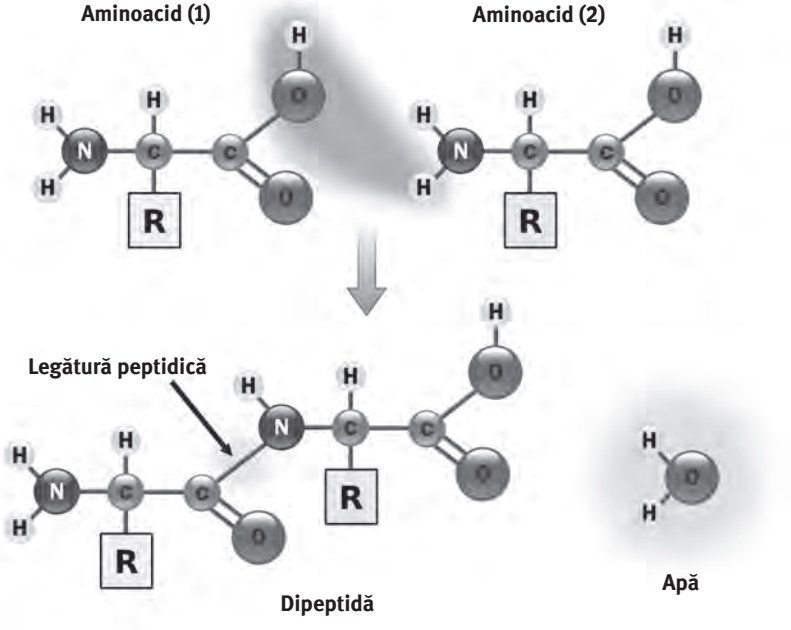


Figura 14.5 Unirea chimică a doi aminoacizi prin intermediul unei legături peptidice.

peptidă Un lanț de doi sau mai mulți aminoacizi formați prin unirea chimică a grupării carboxil a unui aminoacid cu gruparea amino a altui aminoacid.

În celule, această reacție nu se produce în mod direct, ci prin mijlocirea unei secvențe de reacții chimice intermediare asistată de enzime.

enzimă Catalizator biologic sau element chimic care accelerează reacția chimică fără a fi consumat în cursul reacției respective. Astfel de catalizatori sunt esențiali pentru funcționarea unui organism deoarece fac posibile procese care, altminteri, s-ar petrece mult prea lent, fără adaos de energie (măsurată prin creșterea temperaturii) necesară pentru activarea reacției, putând să deterioreze sau să distrugă organismul.

Aproape fiecare enzimă este o proteină alcătuită dintr-o catenă ce cuprinde între 62 și 2.500 de aminoacizi, fiecare având o structură tridimensională specifică ce permite catalizarea anumitor reacții biochimice.

De regulă, o catenă ce conține aproximativ 50 de aminoacizi este numită proteină, deși diferența dintre polipeptide și proteine este arbitrară. Toate proteinele sunt formate din combinații a numai 20 de aminoacizi din cei aproximativ 500 de aminoacizi cunoscuți.

Citoplasma

Toate aceste activități se desfășoară în citoplasma unei celule.

citoplasmă Tot ce se situează în afara nucleului celular și este cuprins de membrana celulară. Citoplasma e alcătuită dintr-un fluid gelatinos, cu o bază apoasă, numit citozol, care conține săruri, molecule organice și enzime și în care plutesc organitele celulare, mecanismul metabolic al celulei.

Procariotul nu are un nucleu celular, iar principalele sale organite sunt ADN-ul și ribozomii.

Plasmida

Plasmida (ilustrată în figura 14.2) e o moleculă circulară de ADN care se reproduce în interiorul celulei, independent de ADN-ul cromozomial. Plasmidele sunt întâlnite la multe procariote, au funcții diferite, dar nu sunt esențiale pentru creșterea celulei.

Peretele celular

Cea mai simplă celulă este înconjurată – adică citoplasma ei este separată de mediul înconjurător – de trei straturi. *Capsula celulară* este stratul exterior

protector. Sub capsulă se află peretele celular semirigid care stabilizează *membrana plasmatică* (numită și membrană celulară) care înconjoară citoplasma.

Aceste straturi sunt semipermeabile, pentru a permite schimbul de apă și gaze și totodată pentru a controla schimbul pe care anumite molecule îl au cu mediul înconjurător pentru ca celula să se poată repara și menține, protejând-o în același timp de substanțele chimice distructive. Straturile peretelui celular sunt alcătuite dintr-o varietate de molecule care includ invariabil proteine; acestea din urmă reprezintă o mare parte din structura celulei și, așa cum am văzut, sunt fabricate printr-un proces complex care începe cu ADN-ul.

Părțile externe

Figura 14.2 ilustrează două lucruri aflate în afara peretelui celular. Pilii sunt apendice asemănătoare unui fir de păr care conectează o celulă cu alta din aceeași specie sau cu o celulă dintr-o specie diferită. Un pil constituie o punte între citoplasmele celulelor conectate; aceasta permite transferul de plasmide între celule, care poate să adauge noi funcții celulelor.

Flagelul e o coadă mobilă care, prin mișcări asemănătoare unui bici, determină deplasarea celulei printr-un fluid, adesea către o sursă de energie sau de molecule necesare menținerii propriei existențe.

Formele schimbătoare ale proteinelor

Dar cea mai simplă celulă e și mai complexă decât atât: pe lângă faptul că fiecare dintre numeroasele sale proteine și enzime sunt alcătuite dintr-o combinație de până la 20 de aminoacizi diferiți dispuși într-o catenă ce cuprinde între 50 și 300 de astfel de aminoacizi așezați într-o ordine strictă, pentru a funcționa, fiecare catenă trebuie să aibă și o formă corectă. Cele mai multe proteine se pliază în structuri tridimensionale unice și își schimbă forma când iau parte la reacții biochimice.

Figurile 14.6 și 14.7 ilustrează forma complexă a unei proteine.

CONCLUZII

1. Au fost identificate dovezi fosile concludente ale existenței vieții (sub formă de microorganisme complexe) în roci cu o vechime de două miliarde de ani. Trebuie să fi existat forme mai vechi și mai simple de viață. Există teorii potrivit cărora viața datează de 3,5, 3,8 sau chiar 3,85 miliarde de ani, din era hadeană, când Pământul a fost bombardat de asteroizi și alte resturi cosmice ale formării sistemului solar, dar și dovezile, și interpretarea lor sunt discutabile. Cea mai

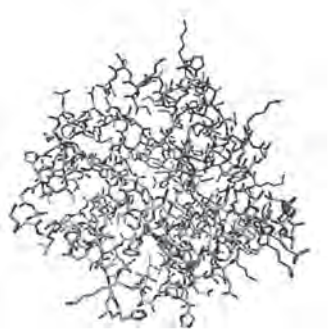


Figura 14.6 Reprezentare bidimensională a unei structuri tridimensionale a proteinei triozo-fosfat-izomerază, unde atomii sunt înfățișați prin linii cu nuanțe diferite.

Figura 14.7 Reprezentare simplificată a proteinei triozo-fosfat-izomerază care ilustrează forma de bază.

probabilă estimare actuală situează apariția vieții în urmă cu 3,5 miliarde de ani.

2. Descoperirea extremofilelor, organisme care trăiesc în condiții extreme asemănătoare cu cele care ar fi putut să existe în era hadeană, sugerează că viața *ar fi putut* să existe în acea perioadă, adică în timpul primilor 700 de milioane de ani de după formarea Pământului, dar nu constituie o dovadă concludentă.
3. Din cauza numărului redus de probe fosile în general și din cauza faptului că aproape toate rocile sedimentare formate în primele două miliarde de ani au fost supuse unui proces de subducție sau au fost transformate în roci metamorfice, este aproape sigur că nu vom descoperi niciodată dovezi clare cu privire la primele forme de viață și că nu vom afla momentul apariției lor pe Pământ.
4. Cea mai simplă și probabil cea mai timpurie formă de viață este un procariot independent, un organism unicelular în care informația genetică codificată în ADN nu este închisă într-un nucleu celular.
5. Analiza genetică a unei game largi de celule oferă dovezi solide, dar nu probează, că viața a apărut în mod natural o singură dată pe Pământ și

că toate formele de viață actuale – de la numeroasele tipuri de bacterii și până la om – au evoluat dintr-un singur strămoș comun.

6. Pentru a funcționa independent, cele mai simple procariote au nevoie de un cromozom sub forma unei bucle pliate de ADN dublu catenar alcătuit din cel puțin 36 de milioane de atomi configurați într-o structură specifică. Aceste catene se depliază și se separă una de alta pentru a forma matrița menită sintetizării unor catene ADN identice de care celula are nevoie în procesul de reproducere și de sintetizare a proteinelor necesare propriei funcționări. Cea de-a doua sinteză este un proces complex ce implică producerea de ARN mesager care transportă informația genetică a ADN-ului codificată în secvența bazelor sale nucleotidice către un ribozom, un fel de fabrică situată în lichidul celular ce conține ARN și proteine. Ribozomii folosesc această informație genetică pentru a produce aminoacizi pornind de la moleculele celulare. Aminoacizii, care sunt produși doar într-unul din cei doi stereoizomeri posibili, forma L, se înlănțuie în reacții chimice catalizate de enzime, care sunt proteine complexe. Proteinele sunt formate pornind de la combinații de 20 de aminoacizi dintr-un număr de aproximativ 500 de aminoacizi cunoscuți. Diferitele catene de aminoacizi constituie diferitele proteine necesare în procesul de catalizare și în repararea și menținerea celulei, inclusiv a ADN-ului acesteia. Cele mai simple procariote au proteine alcătuite din catene ce conțin între 50 și 300 de aminoacizi care au astfel de forme limitate și care sunt ordonați în secvențe stricte. Iar pentru a putea funcționa și crea produșii necesari fiecare catenă trebuie să adopte structuri dinamice. Toate aceste elemente constitutive sunt învelite în straturi semipermeabile de proteine și de alte molecule complexe care separă celula de mediul exterior, protejând-o de molecule nocive și în același timp permițând anumitor molecule să pătrundă sau să iasă din celulă.
7. Orice ipoteză referitoare la apariția vieții trebuie să explice cum o celulă cu o astfel de dimensiune și cu astfel de componente, funcții și configurații complexe a putut să apară din interacțiunile atomilor și moleculelor simple, alcătuite din maximum 13 atomi, care se găseau pe suprafața nou formatului Pământ.

CAPITOLUL 15

Apariția vieții 2: ipotezele

> Oricine vă spune că știe cum a început viața pe Pământ cu aproximativ 3,45 miliarde de ani în urmă e ori aiurit, ori ticălos.
>
> —Stuart Kauffman, 1995

Dacă încercarea de a afla cum a apărut viața pe Pământ face din mine un aiurit sau un ticălos, atunci mă aflu în buna tovărășie a celor care cred că știu.

Orice ipoteză științifică referitoare la apariția vieții pe Pământ trebuie să explice în ce fel cele mai complexe molecule, alcătuite din până la 13 atomi, care se găsesc în spațiul interstelar și în asteroizi – și care astfel se găsesc sau sunt depozitate pe Pământul timpuriu – au evoluat până au ajuns la dimensiunea, complexitatea, structura și funcționarea celei mai simple forme de viață descrise în capitolul anterior. Adică să explice cum de materia neînsufletită s-a transformat în viață.

Supa primordială a lui Oparin și Haldane

Explicația ortodoxă de bază este cea propusă în mod independent de biochimistul rus Aleksandr Oparin în 1924 și de geneticianul englez J.B.S. Haldane în 1929.

Potrivit versiunii lui Oparin, atmosfera timpurie a Pământului era alcătuită din hidrogen, metan, amoniac și vapori de apă. Energia provenită de la Soare și din fulgere a făcut ca aceste molecule să se combine și să formeze un amestec de compuși organici simpli. De-a lungul mileniilor, acești compuși s-au acumulat în oceane și au alcătuit o supă primordială caldă și diluată care a generat în cele din urmă un tip nou de moleculă, capabilă să se reproducă singură.

Această reproducere nu era eficientă și genera variații. Dintre toate variațiile, un mecanism ultradarwinian le-a selectat pe cele mai eficiente în autoreplicare. (Folosesc termenul ultradarwinian atunci când selecția naturală este aplicată dincolo de sau în afara evoluției darwiniene a speciilor.) Acești autoreplicatori au recrutat proteine pentru a-și face reproducerea mai eficientă, ceea ce a dus apoi la apariția unei membrane separatoare și astfel la prima celulă.

În 1953, Stanley Miller, un tânăr cercetător care lucra în laboratorul Universității din Chicago condus de Harold Urey, a încercat să supună această

ipoteză unui test experimental. A fiert apă pe fundul unui balon de sticlă pe care îl umpluse cu hidrogen, metan și amoniac. Pentru a simula energia fulgerelor și Soarelui, a supus amestecul unor descărcări electrice. După o săptămână, în balon apăruseră sedimente asemănătoare gudronului și urme a cel puțin trei aminoacizi.[1] Biochimiștii au aclamat acest experiment, considerând că reprezintă o confirmare a ipotezei Oparine–Haldane: dacă aminoacizii pot fi produși într-o săptămână în balon, atunci, într-un mare ocean și în decurs de mii de ani, aceşti aminoacizi s-ar fi polimerizat pentru a forma peptide și eventual proteine complexe care ar fi generat în final prima celulă.

Totuși, peste șaizeci de ani de experimente cu diferite rețete de supe primordiale și diferite condiții nu au reușit să producă nici o moleculă capabilă de autoreplicare, și cu atât mai puțin o celulă.

Biochimiștii explică acest eșec prin incapacitatea experimentelor de laborator de a reproduce perioadele vaste de timp considerate necesare, dar Johnjoe McFadden ne oferă cinci motive pentru care viața nu va fi niciodată generată în acest fel, arătând în consecință de ce ipoteza e greșită.[2] În primul rând, teza lui Miller cu privire la compoziția atmosferei timpurii a Pământului este considerată astăzi incorectă, iar atmosfera primordială presupusă de teoriile actuale este mai puțin favorabilă unor astfel de reacții.

În al doilea rând, principalul produs al unor astfel de reacții este o mâzgă, o masă gudronată formată în special din hidrocarburi, care rezultă inevitabil atunci când ingredientele pot lua parte la o gamă largă de reacții posibile.

În al treilea rând, aminoacizii produși în aceste condiții simulate ale Pământului timpuriu sunt un amestec de forme levogire și dextrogire sau izomeri optici. Concatenarea aminoacizilor pentru a produce peptide și proteine nu este posibilă atunci când sunt prezente ambele forme. În plus, în celule sunt produși numai aminoacizi cu formă levogiră și nimeni nu a sugerat până acum vreun mecanism prin care supa primordială s-ar fi putut îmbogăți pentru a genera aminoacizi levogiri.

În al patrulea rând, reacțiile au loc în soluție apoasă, ceea ce face foarte dificilă polimerizarea sau concatenarea aminoacizilor pentru a produce proteine. Unirea chimică a doi aminoacizi printr-o legătură peptidică presupune pierderea unei molecule de apă, așa cum ne arată figura 14.5. Cu atât de multe molecule de apă în soluție, tendința naturală a unei molecule de apă este aceea de a rupe legăturile peptidice printr-o reacție numită hidroliză, care este inversă față de cea indicată în figura 14.5; din această cauză, polimerii biologici aflați în soluții apoase au tendința să se desfacă, chiar dacă acest proces este lent. Hidroliza nu se produce în celule, deoarece concatenarea aminoacizilor nu are loc în mod direct, ci printr-o serie

de reacții catalizate de enzime. Dar cum aceste enzime sunt ele însele proteine, nu pot fi folosite pentru a crea primele proteine.

În al cincilea rând, selecția naturală darwiniană depinde de gradualism: fiecare mic pas făcut pe scara evoluției trebuie să fi fost generat de mutații întâmplătoare, trebuie să fi fost viabil pentru a produce descendenți și trebuie să fi manifestat față de precursorul său o minimă îmbunătățire a adaptării la mediul înconjurător. Cea mai simplă celulă examinată în capitolul precedent, un procariot unicelular (vezi figura 14.2), nu ar fi putut să apară din pură întâmplare. De unde vin protocelulele? Dacă protocelulele apar prin selecție naturală, atunci fiecare strămoș trebuie să fi fost viabil, dar nu există fosile lăsate în urmă de protocelule.

Aș adăuga că dacă Craig Venter și colegii săi de la Institutul J. Craig Venter vor reuși să obțină o celulă vie prin amestecarea părților sale componente nu înseamnă că ipoteza Oparine–Haldane va avea în sfârșit un fundament experimental, ci doar că viața poate fi produsă printr-un proiect inteligent, în acest caz inteligența aparținându-i lui Venter.

ARN autoreplicant

Din moment ce probabilitatea producerii unei celule independente autoreplicante în urma reacțiilor aleatorii ale unor molecule simple din supa primordială este practic nulă, biochimiștii au căutat un replicator primordial credibil. Candidatul favorit sunt moleculele de ARN autoreplicante care nu au nevoie de enzime pentru a funcționa.

Într-un astfel de caz, o moleculă de ARN autoreplicantă produce într-un mod ineficient cópii ale sale. Selecția naturală ultradarwiniană favorizează acele produse care sunt cele mai eficiente în producerea de urmași. În cele din urmă, aceste versiuni mai eficiente catalizează concatenarea aminoacizilor pentru producerea de proteine care să ajute la replicarea lor și la formarea unei membrane protectoare, ceea ce le face și mai eficiente. În final, ele generează ADN-ul, care se dovedește a fi un depozitar mult mai stabil al informației genetice, producând astfel prima celulă.

Această ipoteză, numită de obicei „Lumea ARN", reprezintă astăzi explicația ortodoxă a originii vieții pe Pământ. Fundamentul experimental este asigurat de descoperirea că ribozimele, segmente scurte de ARN, pot acționa ca enzime pentru a cataliza o mulțime de reacții biochimice: ele pot uni două molecule de ARN și pot polimeriza până la șase baze ARN într-o matriță ARN. În plus, numeroși viruși, cum este cel al gripei, au un genom ARN, nu ADN, ceea ce sugerează că o moleculă ARN enzimatică și-a catalizat propria replicare și că ARN-ul din celulele moderne reprezintă rămășița evolutivă a ARN-ului autoreplicant inițial.

După McFadden, această ipoteză are totuși aceleași probleme întâlnite în cazul ipotezei supei primordiale despre care am vorbit înainte: polimerizarea ARN-ului exclude apa și nu apare în mod natural într-o soluție apoasă; polimerizarea ARN-ului catalizat prin ribozime nu funcționează într-un amestec de baze nucleotidice levogire și dextrogire, și nimeni nu a sugerat vreun mecanism prebiotic care ar putea îmbogăți o formă chirală a bazelor ARN în defavoarea celeilalte.

Din punct de vedere experimental, nimeni nu a conceput sau a descoperit până acum o moleculă de ARN autoreplicantă. Molecula de ARN e alcătuită din trei părți: bazele A, U, C și G, împreună cu o monozaharidă numită riboză și un grup fosfat. Acestea însumează în jur de 50 de atomi care trebuie să fie structurați foarte strict. O catenă din figura 14.3, unde U l-ar înlocui pe T, ne oferă o indicație în acest sens. Deși specialiștii au avut un oarecare succes în sintetizarea bazelor și a grupărilor fosfat din molecule mai simple, ei au realizat aceste lucruri numai printr-o serie de reacții atent controlate pentru a evita deșeurile generate prin simularea condițiilor naturale. În plus, nu au putut să producă o soluție îmbogățită cu riboză.

Graham Cairns-Smith, specialist în chimie organică și în biologie moleculară de la Universitatea din Glasgow, susține că supa primordială nu ar fi avut cum să producă vreun replicator ARN. El estimează că sinteza unei baze ARN pornind de la compuși prebiotici simpli are nevoie de aproape 140 de etape. Pentru fiecare etapă există alte cel puțin șase reacții alternative care pot să apară în locul celei dorite. Probabilitatea ca rezultatul potrivit să se petreacă din întâmplare este de 6^{140} sau 10^{109}.[3]

Peptide autoreplicante

Aceste observații i-au determinat pe unii biochimiști să caute un replicator primordial mai simplu decât ARN-ul. În 1996, David Lee și colegii săi de la Institutul de Cercetare Scripps au proiectat o peptidă scurtă, formată din 32 de aminoacizi, care ar fi putut acționa ca o enzimă capabilă să lipească părți din sine însăși și să se reproducă.[4]

MacFadden respinge primordialitatea peptidei autoreplicante, deoarece Lee și colegii săi au folosit fragmente de peptidă activate pentru a reduce reacțiile secundare producătoare de gudron și nu au oferit o explicație plauzibilă despre felul în care astfel de aminoacizi activați ar putea să fie produși din întâmplare de supa primordială.

Substratul bidimensional

Improbabilitatea biochimică covârșitoare ca un ARN autoreplicant sau ca o peptidă autoreplicantă să apară în mod întâmplător din moleculele prezente în supa primordială a stimulat dezvoltarea unor idei cu privire la mult

mai probabila existență a unor autoreplicatori mai simpli care s-ar fi format mai curând pe o suprafață bidimensională decât într-o soluție apoasă.

Replicatorii de argilă

Cairns-Smith a început să cerceteze această idee începând cu mijlocul anilor '60, iar în 1985 a publicat o carte în care și-a expus ipoteza.[5]

Când am enumerat reproducerea printre posibilele caracteristici ale vieții, am văzut că un cristal de sare comună se poate reproduce într-o soluție saturată din acea sare.[i] Cairns-Smith este de părere că replicatorul primordial a fost un asemenea cristal simplu, care își are informația codificată în propria structură: de fapt, structura cristalului e un precursor al genei organice.

Argila e un sediment dens ce conține minerale și silicați, mai ales aluminiu, și se găsea probabil din abundență pe Pământul timpuriu. Aceste cristale de silicați s-au reprodus, iar selecția naturală a favorizat acele cristale mutante care își modificau mediul înconjurător și își îmbunătățeau reproducerea. Suprafețele lor încărcate electric au atras molecule organice dipolare, precum aminoacizii și nucleotidele, catalizând pur și simplu polimerizarea lor în proteine și componente ale ARN-ului și ADN-ului. În cele din urmă, a avut loc un transfer de sarcină genetic în care produși mai stabili ai acestor reacții superficiale, polimeri organici precum ARN-ul și ADN-ul, au moștenit informația cristalelor și i-au luat locul treptat ca material genetic primar, în timp ce alți polimeri organici, precum proteinele, au format o membrană protectoare: cristalul primitiv autoreplicant își leapădă astfel carcasa de lut și iese la lumină sub formă de celulă.

În 1996, chimistul James Ferris, de la Institutul Politehnic Rensselaer, Troy, New York, împreună cu alți colaboratori biologi au părut să ofere un fundament experimental ipotezei lui Cairns-Smith atunci când au incubat soluții separate de aminoacizi și nucleotide în prezența unor suprafețe minerale. Ei au obținut polimeri ai aminoacizilor și ai nucleotidelor cu o lungime de până la 55 monomeri. În absența suprafețelor minerale, era imposibil să se obțină un polimer mai lung de 10 monomeri, deoarece hidroliza împiedică sporirea catenelor.[6] Aceasta nu constituie însă o confirmare experimentală a ipotezei, deoarece atât aminoacizii, cât și nucleotidele nu fuseseră produse în mod natural, trecuseră printr-un proces de activare artificială.

În plus, afirmația că primul replicator din succesiunea de reacții care au condus la apariția celulei a fost un replicator de argilă nu are nici un fundament empiric. În depozitele actuale de argilă sau în dovezile fosile

[i]) Vezi pagina 247.

nu există replicatori de argilă asemănători cu cei din perioada Pământului timpuriu. Dată fiind dificultatea de a identifica celule fosile mai vechi de două miliarde de ani, cred că nu vom reuși vreodată să găsim fosile ale precursorilor de argilă ai celulelor.

În lipsa dovezilor concrete, ideea replicatorului de argilă rămâne o conjectură interesantă. Această ipoteză nu are însă o explicație convingătoare pentru o etapă-cheie. Ordinea și simetria cristalelor au la bază un aranjament periodic și repetitiv, cu un conținut mic de informație. În schimb, celula e o entitate complexă, aperiodică și interactivă cu un înalt conținut informațional, așa cum sunt și componentele ei, precum ARN-ul, ADN-ul și proteinele. Conjectura lui Cairns-Smith nu explică felul în care un conținut informațional de nivel atât de înalt poate fi generat de un cristal cu informație redusă.

Replicatorul de pirită de fier

Günter Wächtershäuser, un chimist devenit apoi avocat specializat în brevete, a propus în 1988 o versiune mai nouă a ideii bidimensionale. El a sugerat că formarea cristalelor de pirită de fier pornind de la fierul și hidrogenul sulfurat din apele bogate în sulfuri aflate în apropierea izvoarelor suboceanice au generat electroni care ar fi putut să reducă chimic dioxidul de carbon în compuși organici. Suprafața încărcată a cristalelor putea să lege compușii organici și să declanșeze diferite reacții care să ducă la formarea de aminoacizi și nucleotide, replicatori și până la urmă viață.[7]

Wächtershäuser și colegii săi de la Institutul pentru Microbiologie Regensburg au demonstrat că formarea piritelor de fier poate fi cuplată cu polimerizarea aminoacizilor. Totuși mai au de adus dovezi experimentale pentru confirmarea primei etape-cheie, adică transformarea dioxidului de carbon în compuși carbonici prin formarea piritelor de fier[8], motiv pentru care și această idee rămâne o conjectură.

Originea extraterestră

Problema explicării apariției celor mai simple celule independente din supa primordială de pe Pământ i-a făcut pe unii cercetători să investigheze o idee care și-a făcut apariția în repetate rânduri de-a lungul secolelor și care a fost popularizată în literatura SF. Potrivit versiunii panspermiei propuse în 1903 de chimistul suedez Svante Arrhenius, laureat al Premiului Nobel, microbii expulzați de pe planete unde exista viață au călătorit prin spațiu și au aterizat pe Pământ.

Un alt laureat al Premiului Nobel, Francis Crick (unul din cei doi cercetători care au descoperit structura ADN-ului), și Leslie Orgel, pe atunci profesor la Institutul Salk pentru Studii Biologice și cercetător la NASA, au

ajuns la concluzia că este foarte puțin probabil ca acest lucru să se fi petrecut din întâmplare. Astfel, ei au propus în 1973 ipoteza panspermiei direcționate, prin care o civilizație avansată din galaxie a trimis în mod intenționat microorganisme către planete precum Pământul.[9]

Deși această idee i-a satisfăcut pe amatorii de SF, absența dovezilor nu a reușit să mulțumească comunitatea științifică. Totuși, în 1978, Fred Hoyle și fostul său student Chandra Wickramasinghe, pe atunci directorul Departamentului de Matematică Aplicată și Astronomie de la Colegiul Universitar Cardiff, au afirmat că au dovezi care susțin ipoteza panspermiei. Astronomii încercau de ani de zile să explice anumite linii spectrale ale prafului interstelar, despre care se credea că este compus în special din cristale de gheață. Hoyle și Wickramasinghe au anunțat că aceste linii spectrale sunt compatibile cu bacteriile.[10]

Această ipoteză le-a permis să propună ideea că anumite izbucniri bruște ale unor epidemii la care am avut o rezistență scăzută și care adesea aveau o origine geografică determinată, cum ar fi sifilisul în secolul al XIX-lea și SIDA în secolul XX, au fost provocate de bacterii și viruși ajunși pe Pământ prin intermediul unor comete. Ipoteza celor doi este concordantă cu opinia lui Beda Venerabilul, călugăr și istoric din secolul al VIII-lea, care spunea că apariția cometelor prevestește „o schimbare a suveranului sau o molimă". În 2003, Wickramasinghe și colegii săi au susținut în revista medicală *The Lancet* că SARS (sindromul acut respirator sever) a fost provocat de microbii aduși de o cometă.[11] Pentru susținerea acestei afirmații, Wickramasinghe citează dovada potrivit căreia mostrele de aer culese în anul 2001 din stratosferă de Organizația Indiană pentru Cercetare Spațială conțin aglomerări de celule vii, argumentând că aerul situat în partea inferioară a atmosferei nu poate ajunge până la 41 km înălțime.

O analiză spectrală mai sofisticată și de dată mai recentă a identificat molecule organice în praful interstelar. Dar, așa cum am văzut[i], cele mai mari dintre ele sunt alcătuite din 13 atomi și nu pot fi considerate bacterii. Mostrele stratosferice includ două bacterii cunoscute pe Pământ. Dar dacă ne gândim logic, o explicație mai simplă și mult mai probabilă este cea potrivit căreia bacteriile respective au fost ridicate până la 41 km de la sol de fenomene meteorologice, și nu cea potrivit căreia au călătorit miliarde de kilometri prin spațiul interstelar. Cercetătorii din domeniul medical au respins ideea originii extraterestre a bolilor și au adus dovezi mult mai convingătoare, pe care Wickramasinghe nu le ia în considerare.[12]

În orice caz, toate aceste idei despre panspermie nu fac decât să amâne rezolvarea problemei apariției vieții pe Pământ, tot așa cum diferitele

[i]) Vezi pagina 178.

speculații cu privire la multiversuri sau la un posibil univers generator de universuri amână problema originii materiei.

Totuși, în versiunea lor din 2007, Wickramasinghe, fiica sa și un alt coleg de la Centrul de Astrobiologie al Universității din Cardiff – centru neoficial al panspermiei – au răspuns criticilor. Ei afirmă că viața a apărut în interiorul cometelor.[13]

Această afirmație nu este lipsită de probleme. Se bazează practic pe trei supoziții:

1. Deșeurile supernovelor încorporate în comete conțin elemente radioactive a căror dezintegrare ar menține apa în stare lichidă în interiorul acestor corpuri cerești. Nici o dovadă nu susține o asemenea supoziție.
2. Cometele conțin și argilă, din care ar fi evoluat celulele vii, potrivit ipotezei Cairns-Smith. Deși potrivit misiunii Deep Impact, din 2005, cometa 9P/Tempel ar conține argilă și carbonați, care necesită de regulă apa lichidă pentru a se forma, nici o dovadă nu susține ipoteza Cairns-Smith și cu atât mai puțin faptul că acest fenomen s-ar petrece în interiorul cometelor.
3. Durata de viață a mediilor prebiotice propice dintr-o cometă o depășește pe cea din regiunile terestre asemănătoare cu 10^4 sau 10^5. Nici o dovadă nu susține această supoziție.

Bazându-se pe aceste supoziții, cei doi cercetători susțin că, deoarece masa combinată a cometelor din întreaga galaxie depășește condițiile terestre propice vieții cu 10^{20}, rezultă că totalitatea cometelor din jurul stelelor pitice de tip G asemănătoare Soarelui oferă incomparabil mai multe condiții propice vieții decât ar fi fost vreodată posibil pe Pământ.

Totuși este ilogic să deduci această probabilitate comparând masa tuturor cometelor cu masa Pământului, deoarece ipoteza pleacă de la ideea că viața nu a apărut în interiorul a ceva ce însumează masa tuturor cometelor din galaxie, ci în interiorul *unei* comete, iar masa unei comete medii este de 6×10^{10}, de 60 de miliarde de ori mai mică decât cea a Pământului. De fapt, ar trebui să se compare posibilitatea apariției vieții în interiorul unei singure comete – iar cei mai mulți specialiști în comete susțin că interiorul unor astfel de corpuri cerești este alcătuit în principal din gheață solidă – cu posibilitatea apariției vieții la suprafața Pământului primordial.

Pagina de Internet care anunță supoziția lor spune că viața a apărut într-o cometă și că „apoi viața emergentă s-a răspândit rapid, ca o infecție, de la o cometă la alta, de la un sistem solar la altul, cuprinzând regiuni tot mai întinse ale universului".[14] Nu se explică însă *cum* viața din interiorul

unei comete care orbita în jurul unei stele a ajuns să se răspândească la alte comete, mai ales la cele care orbitau în jurul altor stele.

Proiectul inteligent

O problemă pe care o presupune folosirea sintagmei „proiect inteligent" este aceea că, începând cu mijlocul anilor '90, a ajuns să fie asociată indisolubil cu o teorie pretins științifică ai cărei susținători sunt finanțați de sau sunt membri ai Institutului Discovery, un grup american înființat și finanțat de creștini cu scopul de a demonstra că Dumnezeu a creat viața.

Mă tem că e imposibil să separi ideile de credințe, indiferent dacă obiectul lor e Dumnezeu sau materialismul, mai ales atunci când dovezile sunt extrem de reduse și astfel lasă loc multor interpretări. În consecință, cred că e instructiv să luăm în considerare idei ale proiectului inteligent care nici nu postulează un Dumnezeu iudeo-creștin și nici nu contrazic credințele adepților lor.

Simularea computerizată

Filozoful Nick Bostrom, de la Universitatea Oxford, spune că, din moment ce acum suntem în stare să creăm simulări computerizate cu lumi și oameni, o civilizație „postumană" mult mai avansată tehnologic va fi capabilă să simuleze oameni pe deplin conștienți, iar ceea ce percepem noi drept viață ar putea fi o astfel de simulare digitală.[15] Pentru a nu fi considerat un simplu capriciu intelectual fantezist, Bostrom oferă o ecuație pentru a dovedi că există o mare probabilitate ca acest lucru să fie adevărat.

Totuși, asemenea ecuației lui Drake, care calculează probabilitatea existenței unor civilizații inteligente în galaxia noastră[i], ecuația lui Bostrom este un multiplu de probabilități separate, fiecare dintre ele bazându-se pe presupuneri sau pe bănuieli discutabile. În plus, după ce extrapolează creșterea puterii de calcul a computerelor din ultimii 60 de ani într-un viitor nedeterminat și necunoscut, următoarea sa propoziție începe cu: „Bazându-ne pe acest fapt empiric...". O proiecție, oricât de rezonabilă ar fi – iar această proiecție este discutabilă –, nu reprezintă un fapt empiric.

Poate că nu e un capriciu, dar nici nu putem spune că e mai mult decât o speculație ce nu poate fi verificată prin mijloace empirice. Asemenea ipotezei panspermiei direcționate, propusă de Crick și Orgel, nu ne spune nimic despre originea acestor creatori postumani și astfel despre originea vieții pe Pământ așa cum o percepem noi.

---

[i]) Vezi pagina 226.

Complexitatea ireductibilă

Michael Behe, profesor de biochimie la Universitatea Lehigh, Pennsylvania, susține că toate formele de viață de pe Pământ au evoluat dintr-un strămoș comun, chiar dacă ipoteza darwiniană nu explică diferențele dintre specii. Cu toate acestea, componentele individuale ale primei celule, alături de căile biochimice elaborate și interconectate ale producerii lor, sunt ireductibil de complexe: dacă le lipsește chiar și o părticică, nu pot funcționa. Ele nu ar fi putut să evolueze printr-un mecanism [ultra]darwinian, întrucât acesta depinde de selecția naturală și de diferite mutații în fiecare etapă parcursă, iar toate aceste etape trebuie să fie viabile. Dovezile pe care le citează includ sisteme care direcționează proteine către locuri specifice din interiorul celulei și flagelului bacterian.[i] Acesta din urmă, de exemplu, e alcătuit din peste douăsprezece proteine; nu există nici o etapă intermediară care să fie viabilă ca unitate funcțională.

Behe spune că a fost nevoit să ajungă la concluzia că prima formă de viață, celula ancestrală comună, nu putea rezulta decât dintr-un proiect inteligent. Pentru a împăca această concluzie cu evoluția biologică, el sugerează că prima celulă conținea tot ADN-ul necesar evoluției ulterioare. Nu identifică proiectantul, dar spune că știința ortodoxă a respins această concluzie din cauza posibilelor implicații teologice.[16]

Evoluționiștii ortodocși s-au grăbit să condamne cartea lui Behe din 1996, *Darwin's Black Box: The Biochemical Challenge to Evolution*. În recenzia sa din revista *Nature*, biologul evoluționist Jerry Coyne, de la Universitatea din Chicago, găsește cheia înțelegerii raționamentului lui Behe în faptul că acesta e romano-catolic. Totuși, cei mai mulți oameni de știință nu au respins cercetările lui Newton din domeniul mecanicii pentru că acesta credea în alchimie și nici pe cele ale lui Kepler din domeniul astronomiei pentru că acesta avea înclinații către astrologie. O critică mult mai substanțială este aceea că Behe nu ia suficient în considerare alte mecanisme decât cele ale etapelor secvențiale pentru producerea componentelor celulare, cum ar fi cooptarea unor componente ce au evoluat pentru alte scopuri, genele duplicate și primele enzime multifuncționale.

În cazul flagelului bacterian, de exemplu, microbiologul Mark Pallen și biologul evoluționist Nicholas Matzke subliniază că astăzi nu există doar *un* flagel bacterian, ci mii, probabil milioane, de flageli diferiți. De aici rezultă că „fie au existat mii sau milioane de acte de creație individuală, fie extrem de diferitele sisteme flagelare contemporane au evoluat dintr-un strămoș comun". Printre dovezile în favoarea evoluției flagelului bacterian se numără existența flagelilor vestigiali, forme intermediare de flageli,

[i]) Vezi pagina 270.

și tiparul de asemănări între secvențele proteinelor flagelare: aproape toate proteinele flagelare prezintă omologii cunoscute cu proteine neflagelare, sugerând că flagelii au evoluat din componente celulare existente.[17]

Atât Coyne, cât și biologul Kenneth Miller, de la Universitatea Brown, observă că Behe recunoaște că unele componente ale primei celule s-ar putea să fi evoluat printr-un mecanism [ultra]darwinian, însă înainte de a respinge proiectul inteligent trebuie ca toate aspectele biochimice să fie explicate prin efecte naturale. Dar acest lucru este imposibil de demonstrat, din cauza dificultăților întâmpinate în obținerea dovezilor. Prin urmare, cei doi cercetători argumentează că afirmațiile lui Behe nu sunt falsificabile și, astfel, nu sunt științifice.

Incapacitatea științei de a explica unele fenomene

Poziția lui Behe e un caz particular generat de o problemă mai generală, și anume incapacitatea științei de a explica anumite fenomene. Această perspectivă a fost articulată de Fred Hoyle, un ateu convins. Motivat de ateismul său, Hoyle a început să caute o alternativă la teoria Big Bangului, dar atunci când a ajuns la apariția vieții pe Pământ a comparat ivirea întâmplătoare a celei mai simple celule cu „șansa ca o tornadă care trece printr-o curte plină de deșeuri să asambleze un Boeing 747 din materialele aflate acolo“[18].

În 1982, în cadrul unui discurs ținut la Royal Institution, Hoyle a articulat următoarea concluzie:

> Dacă abordezi această problemă în mod direct și sincer, fără a te abate de teama mâniei comunității științifice, ajungi la concluzia că biomaterialele, cu uimitoarea ordine de care dau dovadă, trebuie să fie produsul unui proiect inteligent [...]. Problemele ce țin de ordine, precum cea a secvenței de aminoacizi dintr-o catenă [care constituie proteinele celulare] [...] sunt exact acele probleme care devin simple odată cu intrarea în scenă a unei inteligențe direcționate.[19]

Nu știu dacă Hoyle s-a convertit la vreo religie, dar în scrierile sale ulterioare pare să sugereze că fenomenele pe care știința nu le poate explica sunt o mărturie a faptului că universul e guvernat de o inteligență superioară. Aici se află problema. Incapacitatea științei actuale de a explica un fenomen nu ar trebui să ne dea de înțeles că nu va fi niciodată capabilă să-l explice – tot așa cum nu ar trebui să ne dea de înțeles nici că *va fi* capabilă să-l explice la un moment dat, cum susțin unii materialiști, precum Richard Dawkins.

Din moment ce dovezile nu pot nici să demonstreze și nici să nege apariția vieții ca urmare a unui proiect inteligent, cel mai rațional ar fi să examinăm concordanța cu alte dovezi, care, în acest caz, sunt reprezentate de

tiparele înțelegerii umane a fenomenelor naturale. Dacă privim prin prisma istoriei, cei mai mulți oameni au invocat cauze supranaturale pentru explicarea fenomenelor naturale pe care nu le înțelegeau la vremea respectivă. Astfel, grecii din perioada înscrisă între secolele al X-lea și al V-lea î.Hr. nu înțelegeau ce anume produce fulgerul și tunetul, astfel încât le-au atribuit celui mai puternic zeu dintr-un panteon de supraoameni, care era practic o reflexie a ierarhiei propriei lor societăți.

Când știința s-a dezvoltat într-o societate occidentală predominant creștină, raționamentul ei empiric a umplut lacunele înțelegerii fenomenelor naturale și a îndepărtat treptat necesitatea explicațiilor supranaturale. Astfel, Pământul nu mai era ceva creat de Dumnezeu și așezat în centrul universului, iar Soarele nu mai era ceva creat de Dumnezeu pentru a lumina Pământul între perioadele de întuneric.

Tărâmul lacunelor – și astfel tărâmul Dumnezeului creator transcendent – s-a redus în continuare odată cu sporirea puterii explicative a științei, iar Dumnezeu a devenit treptat cauza supremă, dar nu și directă, a fenomenelor naturale. (Folosesc aici ideea de Dumnezeu întâlnită în general în creștinism, deoarece, începând cu secolul al XVI-lea, știința s-a dezvoltat în principal în Occidentul creștin. Alte religii și culturi au perspective diferite cu privire la Dumnezeu sau la zei, iar unele dintre ele consideră că există un Spirit Cosmic care e imanent și transcendent în același timp, și nu doar imanent vreme de 33 de ani, prin intermediul unei singure persoane a Treimii transcendente.)

Deși nu există vreo garanție că acest tipar va continua, cea mai rezonabilă modalitate de a înțelege apariția vieții pe Pământ e cea care – fără a renunța la ideea existenței altor posibilități – se bazează mai degrabă pe explicații naturale decât pe invocarea unei cauze supranaturale precum Dumnezeu sau proiectul inteligent.

Principiul antropic

Ne-am întâlnit cu ideea principiului antropic în prima parte, când am descoperit că un univers care să permită evoluția omului nu ar putea să existe dacă nu ar opera câteva legi fizice de origine necunoscută și dacă o serie de parametri cosmici și de constante fără dimensiuni nu ar avea valori foarte fin reglate pe care nu le poate explica nici o lege. În această parte, principiul antropic e invocat pentru a explica apariția enigmatică a vieții pornind de la moleculele simple aflate în supa primordială de pe Pământ.

Ideea de principiu antropic este de obicei atribuită fizicianului teoretician Brandon Carter, care a formulat-o în 1974, când se afla la Universitatea Cambridge.[20] Cea mai cuprinzătoare abordare a acestui subiect a fost făcută de cosmologii John Barrow și Frank Tipler, a căror carte, publicată în anul 1986, include toate legile, parametrii și constantele relevante, pre-

cum și diferitele abordări ale acestei idei.[21] Voi lua în considerare trei versiuni ale principiului antropic definite de ei.

Principiul antropic slab (PAS)

> Valorile observate ale tuturor cantităților fizice și cosmologice nu sunt la fel de probabile, ci sunt constrânse de faptul că există zone în univers unde viața bazată pe carbon poate evolua și de faptul că universul e suficient de vechi încât acest lucru să se fi petrecut deja.

Barrow și Tipler se angajează în discuții științifice și filozofice despre subiecte precum abordarea bayesiană a vârstei și dimensiunii necesare unui univers pentru a permite evoluția formelor de viață bazate pe carbon de nivelul ființelor umane, capabile să observe acest univers. Cu alte cuvinte, caracteristicile universului pe care-l putem observa sunt de așa natură încât îl putem observa. Este o tautologie care nu explică nimic.

Principiul antropic tare (PAT)

> Universul trebuie să aibă acele proprietăți care permit apariția vieții într-un moment oarecare din istoria sa.

Ceea ce deosebește acest principiu de PAS este cuvântul „trebuie". Potrivit lui Barrow și Tipler, există trei interpretări ale sale.

a. *Universul proiectat inteligent*

> Există un singur univers posibil proiectat cu scopul de a genera și susține observatori.

Această interpretare extinde argumentele în favoarea unui proiect inteligent al primei celule la întregul univers și se confruntă cu obiecții asemănătoare. Nu le voi repeta, ci pur și simplu îmi voi reitera concluzia că această abordare se află în afara tărâmului empiric al științei și că, fără a renunța la ideea existenței altor posibilități, ar trebui mai degrabă să căutăm o explicație naturală decât să invocăm o cauză supranaturală precum Dumnezeu sau alt proiectant inteligent necunoscut sau incognoscibil.

b. *Universul participativ*

> Pentru ca universul să existe sunt necesari observatori.

Această perspectivă se bazează pe interpretarea dependentă de conștiență a mecanicii cuantice dată de John Wheeler, pe care am discutat-o în paginile 120 și 121, și face trimitere la speculația filozofică

a cauzalității inverse, care susține că un efect își poate preceda în timp cauza. Această idee are susținători și opozanți printre filozofi. Nimeni nu a arătat cum ar putea fi falsificată prin experiment sau observație, astfel încât se situează în afara tărâmului științei.

Ideea de univers participativ presupune că întregul cosmos nu a existat înainte ca strămoșii noștri din paleolitic să fi observat funcția de undă a universului și astfel să-l colapseze într-o realitate observabilă. Adică strămoșii noștri din paleolitic au creat universul observabil.

Analizând rațional această conjectură, cred că Antony Flew și alți filozofi au dreptate atunci când spun că retrocauzalitatea e o contradicție logică și că, astfel, universul participativ este în esență incoerent. Acest concept este de asemenea incompatibil cu interpretarea general acceptată a observațiilor care arată că universul are o vechime de cel puțin 10 miliarde de ani.

c. *Multiversul*

> Pentru ca universul nostru să existe este nevoie de un ansamblu de alte universuri.

Potrivit acestei interpretări a principiului antropic tare, oricât de improbabil ar fi ca o primă celulă să fi apărut pornind de la interacțiunea moleculelor simple din supa primordială, acest lucru trebuie să se fi petrecut pe o planetă situată într-unul dintr-o infinitate de universuri existente, iar noi s-a întâmplat să ne aflăm pe acea planetă din acel univers.

Am examinat cele patru versiuni principale de multiversuri propuse atunci când mi-am pus întrebarea de ce cosmosul s-a manifestat sub o anumită formă, având în vedere că există atât de multe alte forme posibile din punct de vedere logic, ajungând la concluzia că nici una dintre aceste versiuni nu e testabilă și deci nu e științifică.[i] În consecință, cei care susțin că celula proiectată inteligent nu e falsificabilă și, astfel, nu e științifică nu pot argumenta în mod logic că ideea multiversului e științifică decât dacă arată cum poate fi testată.

Barrow și Tipler propun o a treia versiune, care nu a fost luată în considerare de Carter.

Principiul antropic final

> Procesarea inteligentă a informației trebuie să apară în univers și, odată ce a apărut, nu va dispărea niciodată.

[i]) Vezi paginile 133–136.

Aceasta este mai curând o speculație metafizică referitoare la viitor decât un principiu fizic.

Un alt argument împotriva principiului antropic în general este oferit de Roger Penrose, care spune că acesta „este invocat de teoreticieni de fiecare dată când nu au o teorie suficient de bună pentru explicarea faptelor observate".[22]

Emergența cuantică

Am citat criticile formulate de McFadden cu privire la multe dintre propunerile expuse mai sus. El consideră că nici una dintre ipotezele supei primordiale nu este validă, deoarece, pe lângă alte motive, prima entitate autoreplicantă esențială apare ca rezultat al termodinamicii. Totuși, mișcarea moleculară aleatorie va produce inevitabil atât de multe reacții, încât șansele împotriva alcătuirii aleatorii a unei entități capabile de autoreplicare sunt imposibil de mari.

De exemplu, chiar și după adoptarea unei serii de supoziții favorabile, McFadden a calculat că probabilitatea ca din supa moleculară să apară cea mai simplă peptidă autoreplicantă prin reacții aleatorii este de 1 la 10^{41}, adică practic nulă.

McFadden crede că producerea unei astfel de peptide trebuie să fie dirijată. Ceea ce nu înseamnă că e nevoie de un proiectant inteligent. Dacă există condiții potrivite, acest proces poate fi realizat mai degrabă prin mecanisme ale mecanicii cuantice decât prin cele ale termodinamicii.[23]

Așa cum am văzut în capitolul 6, când am vorbit despre realitatea lumii cuantice[i], teoria cuantică spune că o particulă subatomică este în același timp o particulă și o undă informațională nelocalizată: este infinită ca întindere și cuprinde toate stările de existență posibile pentru acea entitate cuantică; acest lucru este cunoscut drept stare de superpoziție cuantică.

McFadden nu susține interpretarea multiversului propusă de Everett[ii], deoarece încalcă flagrant testul parcimoniei este însă de acord cu perspectiva potrivit căreia numai în momentul măsurării funcția de undă colapsează la probabilitatea ca o particulă fizică să aibă poziție, impuls și energie, ceea ce-i permite să intre în realitatea clasică pe care o percepem.

McFadden nu favorizează nici interpretarea de la Copenhaga[iii] și nici ipoteza wheeleriană a observatorului conștient[iv] pentru explicarea măsurării și colapsului undei cuantice. De asemenea, respinge și interpretarea bazată pe unda-pilot a lui Bohm (detaliile acestei teorii nu ne interesează aici).

---

i) Vezi paginile 120–121.
ii) Vezi pagina 133.
iii) Vezi pagina 120.
iv) Vezi pagina 120.

În locul acestora, McFadden favorizează interpretarea zurekiană a decoerenței cuantice, conform căreia entitățile rămân în starea cuantică doar atâta timp cât funcțiile lor de undă sunt coerente; imediat ce se petrece o interferență, acestea își pierd coerența și colapsează în realitatea clasică. Întreaga lume apare ca o realitate clasică, fiindcă orice sistem deschis este bombardat cu fotoni, electroni și alte particule, iar corelarea cuantică cu atât de multe entități produce decoerența și colapsul stărilor de superpoziție. Prin urmare, corelarea cu mediul înconjurător, nu observatorul, măsoară sistemul cuantic și îi provoacă colapsul.

Pentru ca ideea de decoerență cuantică să fie compatibilă cu apariția unei peptide autoreplicante din supa primordială, McFadden face trei presupuneri-cheie:

1. Supa moleculară primordială este de dimensiuni microscopice și este conținută într-o structură minusculă, asemănătoare cu un por de rocă sau cu o picătură de ulei, care servește ca un fel de protocelulă ce protejează coerența stărilor cuantice din interior.
2. Molecule noi, inclusiv aminoacizi recent generați, se împrăștie în interiorul și în afara acestei protocelule.
3. Sistemul rămâne în starea cuantică și, astfel, în loc de încorporarea clasică a unui singur aminoacid pentru a genera o singură peptidă, fiecare încorporare de aminoacid produce o superpoziție cuantică a tuturor peptidelor posibile.

În procesul de încorporare a unui aminoacid, fiecare peptidă se cuplează cu mediul său înconjurător în așa fel încât, prin decoerență, își transformă starea cuantică într-o stare clasică. După aceea

> ar avea libertatea să alunece încă o dată în tărâmul superpoziției cuantice și să aștepte următoarea măsurare [...]. Acest proces de alunecare în tărâmul cuantic, de așteptare a următoarei măsurări, de colapsare în starea clasică [de particulă] și de alunecare înapoi în tărâmul cuantic ar fi continuat [...] pentru a prelungi superpoziția cuantică de peptide posibile până în momentul în care sistemul ar fi colapsat în mod ireversibil într-o stare clasică.

Însă tot acest mecanism depinde de presupunerea lui McFadden că

> deși peptida rămâne o singură moleculă, *ea ar putea întotdeauna să reintre în tărâmul cuantic după măsurare* [sublinierea îi aparține].

Alunecarea repetată în starea cuantică e discutabilă, căci acest lucru nu e făcut de aceeași moleculă. În contradicție cu supoziția lui McFadden, potri-

vit căreia peptida sa ipotetică „ar ieși nealterată din procesul de măsurare", aceeași peptidă încorporează în fiecare stadiu câte un aminoacid, modificându-și astfel compoziția moleculară.

În opinia lui McFadden, procesul colapsează în mod ireversibil în starea clasică atunci când o peptidă autoreplicantă e produsă în starea de superpoziție. El recunoaște că probabilitatea ca această peptidă, și nu alta, să colapseze în realitatea clasică este egală cu probabilitatea de producere a peptidei respective în condițiile termodinamice ale supei primordiale, adică de 1 la 10^{41}.

El sugerează că o explicație ar fi invocarea multiversului cuantic al lui Everett, pe care l-a respins anterior, considerându-l „absurd": toate colapsurile superpozițiilor cuantice se petrec într-un univers diferit, iar noi se întâmplă să ne aflăm în universul în care peptida clasică generată este cea autoreplicantă. Totuși, probabilitatea ca acest lucru să se petreacă oriunde altundeva în același univers este de 1 la $10^{41} - 1$. Prin urmare, dacă ar exista viață oriunde altundeva în universul nostru (și mulți astrobiologi cred că s-ar putea găsi destul de aproape de noi: pe Europa, unul dintre sateliții naturali ai lui Jupiter), ipoteza sa ar fi contrazisă.

Ca o explicație alternativă, McFadden invocă inversul efectului cuantic Zenon, prin care o serie densă de măsurători cuantice ale unui sistem de-a lungul unei căi particulare pot atrage sistemul pe acea cale, și nu pe nenumărate alte căi făcute posibile de lipsa măsurătorii.

Pentru ca acest lucru să funcționeze, McFadden face încă două presupuneri:

4. Secvența mișcărilor electronilor și protonilor din interiorul și din afara moleculelor, care generează reacțiile chimice ce au ca rezultat primul autoreplicator, nu sunt diferite, la nivel cuantic, de mișcările electronilor și protonilor într-un spațiu vid.
5. Măsurătorile cuantice realizate de protoenzime asupra peptidelor aflate în stare de superpoziție nu sunt diferite în esență de măsurătorile cuantice realizate de lentilele polarizate asupra fotonilor.

În consecință, aceste măsurători ghidează sistemul chimic de-a lungul unei căi care modifică probabilitatea de 1 la 10^{41} de a produce prima peptidă autoreplicantă. După aceea, peptida autoreplicantă ineficientă produce mutanți care, potrivit selecției naturale ultradarwiniene, conduc la o creștere treptată a abilității de autoreplicare. Acești autoreplicatori devin mai eficienți adoptând niște membrane lipidice pentru a se proteja de mediul înconjurător și evoluează până la stadiul de proteine enzimatice mai eficiente care se transformă la rândul lor în celule mult mai eficiente.

Aceste ultime două presupuneri sunt rezonabile în sensul în care sunt concordante cu alte principii științifice fundamentate empiric. Dar în general ipoteza sa nu are un fundament empiric. Dimpotrivă, ori de câte ori cercetătorii au încercat să reproducă acest proces în laborator, folosind enzime pentru a copia molecule ADN sau ARN, după câteva sute de cicluri au apărut uneori replicatori mai eficienți, dar sub formă de molecule mai mici și mai simple. Sistemul nu evoluează niciodată în direcția opusă, către o mai mare complexitate, care ar fi necesară producerii unei celule și care este direcția urmată de evoluția biologică. Același lucru se întâmplă și în cazul simulărilor computerizate.

McFadden nu se lasă însă descurajat. El crede că problema constă în dificultatea izolării reactanților din mediul înconjurător pentru menținerea coerenței cuantice și speculează că prima formă de viață celulară a fost un autoreplicator simplu ce adăpostea în sine microsfere de dimensiuni nanometrice, nu foarte diferit de nanobacteriile găsite în rocile terestre subterane.

Prin urmare, experimentele de laborator trebuie să imite condițiile care mențin coerența cuantică, folosind elemente precum nanotuburi de carbon, adică foi de carbon de grosimea unui atom rulate sub forma unui cilindru al cărui diametru este de aproximativ 50.000 de ori mai mic decât cel al unui fir de păr uman.

Tot așa, simulările computerizate vor funcționa numai pe computere cuantice care folosesc fenomene mecanice cuantice, precum superpoziția sau corelarea, desfășurând astfel operații care nu sunt limitate de valori binare.

Ambele tehnologii se află încă în primele etape de dezvoltare.

Complexitatea autoorganizată

Când Smolin și Capra și-au articulat definițiile despre viață, s-au bazat pe teoria complexității formulată de Stuart Kauffman, un medic devenit biochimist, asociat Institutului Santa Fe, o organizație interdisciplinară dedicată studiului sistemelor complexe.

În 1995, Kauffman a propus ipoteza potrivit căreia viața s-ar fi dezvoltat dintr-o supă primordială (ce conținea miliarde de tipuri diferite de molecule) pe baza unui proces de complexitate autoorganizată.[24] El presupune că într-o asemenea supă o moleculă *A* catalizează producerea unei alte molecule, *B*, care devine mult mai abundentă în supă. *B* catalizează la rândul său producerea lui *C*, care catalizează producerea lui *D* și așa mai departe, producând seria $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E \rightarrow F \rightarrow G$ etc. Kauffman presupune mai departe că o moleculă din această serie, să zicem *F*, catalizează și producerea moleculei *A*, determinând închiderea unui ciclu cata-

litic $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E \rightarrow F \rightarrow A$, pe care îl numește set autocatalitic. Acest set se autoperpetuează continuu hrănindu-se cu materie brută din supa primordială cu ajutorul energiei asigurate de lumina solară sau de fisurile vulcanice, ducând astfel la creșterea concentrației acestor molecule în supa primordială.

Apoi, Kauffman presupune că o moleculă din acest set, să zicem *D*, catalizează și producerea altor molecule, de exemplu *A*, *E* și așa mai departe. Astfel apare o rețea de seturi autocatalitice autosuficiente.

Kauffman ilustrează acest tipar de creștere a rețelelor printr-o analogie cu nasturii și ațele. Dacă legi la întâmplare câte doi nasturi pe o ață și faci mai departe acest lucru cu mai multe perechi de nasturi, vei ajunge inevitabil să legi unii nasturi de alții care sunt deja legați.

Numărul nasturilor din cel mai mare grup de nasturi legați reprezintă o măsură a gradului de complexitate la care poate ajunge sistemul, după cum arată figura 15.1, unde Kauffman generalizează fenomenul numind fiecare nasture „nod" și fiecare legătură „muchie".

Dimensiunea celui mai mare grup crește lent la început, deoarece majoritatea nasturilor nu au multe legături. Dar când numărul de ațe se apropie

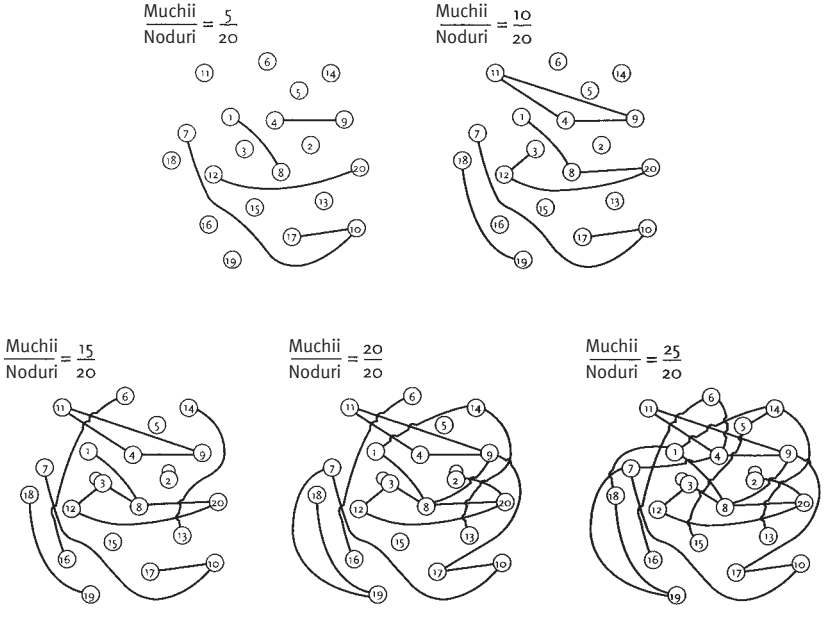


Figura 15.1 „Modelul nasturilor" de formare a rețelelor elaborat de Kauffman, în care nasturii sunt numiți noduri, iar muchiile reprezintă ațele care leagă nasturii într-o rețea.

și apoi trece de jumătate din numărul de nasturi dimensiunea celui mai mare grup crește extrem de rapid, deoarece, cum majoritatea nasturilor fac acum parte din grupuri, există o mare probabilitate ca fiecare nou grup să lege un grup mai mic de cel mai mare grup. Astfel, un supergrup formează foarte rapid o rețea în care sunt cuprinși cei mai mulți nasturi. Apoi dimensiunea acestei mari rețele va crește lent, deoarece vor mai rămâne foarte puțini nasturi care să nu facă parte deja din rețea.

Figura 15.2 ilustrează ceea ce Kauffman numește tranziție de fază a rețelei, prin analogie cu, să zicem, tranziția de fază de la apă la gheață. Un sistem de înaltă complexitate, precum rețeaua compusă din părți interconectate ale unei celule, apare brusc din rețelele ce alcătuiesc celula, care au crescut prin legăturile formate între rețelele autosuficiente și autocatalitice de molecule. Acest sistem de înaltă complexitate e stabil, deoarece nu mai există loc pentru alte schimbări.

După Kauffman, când acest mecanism operează în supa primordială, elimină necesitatea de a construi un lanț lung de evenimente chimice improbabile. Viața, ca set autocatalitic supercomplex și autosuficient, apare brusc ca tranziție de fază. „Viața se cristalizează într-o diversitate moleculară critică, deoarece închiderea catalitică cristalizează la rândul ei."

Această ipoteză este compatibilă mai curând cu ideea de evoluție sub formă de rețea decât cu cea a evoluției sub formă de arbore genealogic, despre care am discutat anterior. Totuși, Kauffman recunoaște că „până în prezent există puține dovezi experimentale care să susțină această perspectivă".

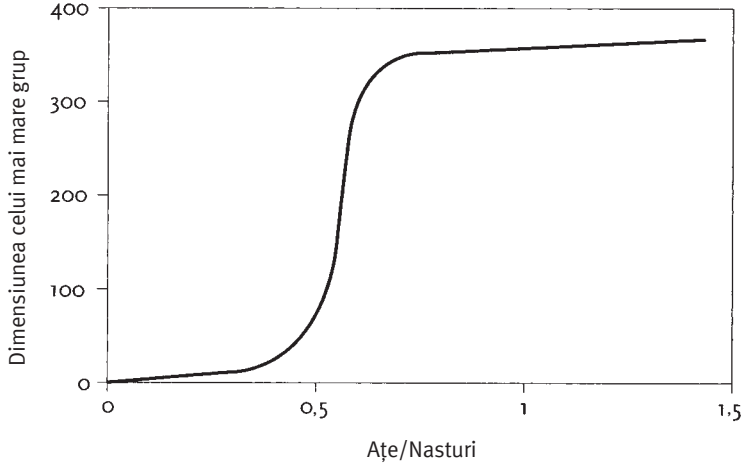


Figura 15.2 Tranziția de fază a rețelei conform interpretării lui Kauffman. Pe măsură ce crește numărul de ațe (de legături), se produce o tranziție abruptă de la starea în care există mulți nasturi fără legături la starea în care aproape fiecare nasture face parte din rețea.

Ipoteza complexității autoorganizate este coerentă intern și furnizează coerență externă prin faptul că este compatibilă cu modelele computaționale. Dar, din păcate, asta e tot.

Modelul propus de Kauffman nu explică cum apar moleculele catalitice *A*, *B*, *C* etc. După cum am văzut mai sus, chiar și în condiții favorabile, probabilitatea ca din supa moleculară să apară cea mai simplă peptidă autoreplicantă prin reacții aleatorii este de 1 la 10^{41}.

Edward O. Wilson conchide că, în acest context, deși s-ar putea să se afle pe calea cea bună, teoriile complexității au neajunsul că nu țin cont de detaliile biologice.

> Dificultatea de bază, ca să spunem lucrurilor pe nume, este reprezentată de insuficiența faptelor. Teoreticienii mecanismului complexității nu au încă suficiente informații pentru a le transpune în spațiul cibernetic. Postulatele de la care pornesc au în mod clar nevoie de mai multe detalii. Concluziile lor de până acum sunt prea vagi și generale pentru a fi altceva decât niște simple metafore, iar concluziile lor abstracte ne spun foarte puține lucruri cu adevărat noi.[25]

În opinia lui McFadden,

> apariția spontană a seturilor autocatalitice e posibilă numai în cazul computerelor, unde fiecare set poate fi izolat de amestecul de reacții din jurul său. În supele chimice reale, fiecare componentă este prinsă în mii de reacții secundare care în mod inevitabil diluează și împrăștie oricare set autocatalitic emergent.

Mai departe, McFadden aduce o obiecție teoretică, pe care o consideră mai importantă, la teoria complexității ca ipoteză pentru explicarea apariției vieții. Autoorganizarea manifestată de cicloane sau de alte fenomene

> este generată de interacțiunea aleatorie a miliarde de molecule. Acestea sunt fenomene ce antrenează un număr imens de particule și au structură numai la scară macroscopică; la nivel molecular, există doar haos și mișcare aleatorie. Dar celulele au structuri ordonate ce merg până la nivelul particulelor elementare. Structura macroscopică a celulelor vii nu e generată de mișcare incoerentă și aleatorie.[26]

Cred că Wilson are dreptate să spună că, așa cum s-a dezvoltat până acum, teoria complexității autoorganizate este prea abstractă și dependentă de modelele computaționale pentru a putea furniza o ipoteză fundamentată empiric. Se speră că perfecționarea acestor modele prin raportare la datele empirice va permite identificarea unor noi legi mai profunde care vor explica apariția vieții din materia neînsuflețită.

Teoria emergenței

Smolin și Capra se bazează de asemenea pe teoria emergenței articulată de Harold Morowitz, profesor de biologie și filozofie naturală la Universitatea George Mason, care crede că legi mai profunde vor explica apariția complexității din procesele biochimice tot așa cum, la nivel cuantic, principiul de excluziune al lui Pauli alege dintr-o gamă incredibil de largă de posibilități un mic set de stări de energie ale electronilor dintr-un atom care explică apariția unui total de 118 elemente.[i]

Timp de mulți ani, Morowitz a căutat caracteristicile unificatoare ale principalelor reacții biochimice pe care organismele vii le desfășoară în celulele lor, deoarece consideră că reacțiile de tip metabolic reprezintă principala și cea mai veche caracteristică a vieții, deși în influenta sa carte[27] nu definește niciodată metabolismul sau viața.

Dacă am înțeles corect, Morowitz speculează că procesul apariției vieții a început atunci când fluxul energetic dintr-o rețea de seturi autocatalitice de molecule primordiale a dus la apariția metabolismului (probabil asta e ceea ce specialiștii teoriei complexității au definit drept seturi autocatalitice autosuficiente).

Morowitz identifică câteva probleme. În primul rând, „pornind de la 20 de aminoacizi produși în mod natural, o catenă de 100 de aminoacizi poate fi una din 20^{100} de posibilități [...], ceea ce e mai mult decât 10^{101} [...]. Multe dintre aceste secvențe vor fi catalitice pentru o gamă largă de reacții". Ele trebuie să fie favorizate de selecția naturală.

În al doilea rând, problemele legate de construirea unor structuri precum celulele procariote cu funcții specifice sunt de ordin arhitectural (structuri tridimensionale care determină unde se produc reacțiile chimice), chimic (ce molecule și în ce mod reacționează între ele) și informațional (un set de procese prin care „secvențele de aminoacizi pot fi codificate în secvențe de nucleotide", adică ADN și ARN). Toate aceste funcții trebuie să fie selectate dintr-un număr inimaginabil de mare de posibilități.

În consecință, apariția vieții implică „multe, multe apariții" ce au loc în intervale de timp care, geologic vorbind, sunt aproape instantanee.

Morowitz admite că înțelegerea emergențelor intermediare „este supusă cercetării experimentale și teoretice a lumii rețelelor chimice, studiului fizic al macromoleculelor și unei sondări mai adânci a proprietăților sistemului". Adică, în spatele ipotezei, nu există încă nici un fundament empiric și nici o teorie adecvată.

Ideea că unul sau mai multe echivalente biochimice ale principiului de excluziune al lui Pauli ar putea explica procesul ce duce de la molecule

[i]) Vezi paginile 173–174.

simple generate aleatoriu la forme independente de viață este extrem de atractivă, dar nici Morowitz și nici altcineva nu a sugerat ce fel de legi mai profunde ar putea realiza acest lucru. Până acum, teoria emergenței nu oferă altceva decât o descriere alternativă și probabil mai sofisticată a problemelor, descriere exprimată în termenii necesității unor principii de selecție menite să explice fenomenele.

CONCLUZII

1. Explicația ortodoxă a biochimiei cu privire la apariția vieții pe Pământ din molecule complexe alcătuite din până la 13 atomi care se aflau sau au fost depozitate pe Pământul nou format este că energia solară și fulgerele au făcut ca astfel de molecule din atmosfera Pământului timpuriu să producă cei 20 de aminoacizi care s-au dizolvat în oceane. După sute de mii dacă nu chiar milioane de ani, reacții aleatorii au produs primul autoreplicator, o moleculă de ARN care putea să aibă rol de catalizator pentru a se reproduce pe sine și pentru a genera proteine. Selecția naturală ultradarwiniană a favorizat descendenții mutanți mai eficienți în autoreproducere, ducând la recrutarea de proteine pentru a forma o membrană protectoare și eventual molecule de ADN care depozitează mai eficient informația genetică. Astfel s-a ajuns la o primă celulă. Totuși, această ipoteză, asemenea celei potrivit căreia autoreplicatorul primordial a fost o peptidă autoreplicantă, nu este susținută de nici o dovadă empirică. Peste 60 de ani de încercări de a genera viață din aceste molecule primordiale în condiții considerate asemănătoare cu cele de pe Pământul timpuriu nu au reușit să producă ceva cât de cât asemănător cu un autoreplicator, și cu atât mai puțin cu o celulă vie.
2. În plus, aceste ipoteze nu sunt valide deoarece, pe lângă alte motive, este extrem de puțin probabil ca reacții aleatorii petrecute într-o soluție apoasă să fi putut produce molecule autoreplicante de ARN sau de peptide, și cu atât mai puțin molecule care au doar izomeri aminoacizi levogiri, de genul celor aflate în celule.
3. Ideea că prima celulă a evoluat în urma unui proces caracterizat prin complexitate autoorganizată nu reușește nici ea să explice apariția moleculelor catalitice (pe care se bazează însăși ipoteza) din numărul imens de reacții aleatorii ale moleculelor prezente în supa primordială. Dezvoltarea ulterioară a acestei teorii este mult prea abstractă și desprinsă de detaliile biologice pentru a oferi o explicație convingătoare privind apariția vieții.
4. Ipoteza potrivit căreia prima celulă a pornit de la cristale autoreplicante de argilă prezente pe suprafața Pământului timpuriu și că s-au

înregistrat apoi progrese prin catalizarea eficientă a reacțiilor petrecute pe suprafața bidimensională încărcată electric a cristalelor de argilă este o conjectură interesantă, dar care nu explică în mod corespunzător etapele-cheie și nu are fundamentare experimentală; în plus, este practic imposibil să se obțină dovezi fosile. Același lucru este valabil și în cazul ipotezei potrivit căreia procesul care a dus la apariția vieții a fost facilitat de efectul catalizei bidimensionale din cursul formării piritelor de fier în apropierea fisurilor termale suboceanice; primul pas necesită conversia dioxidului de carbon în compuși de carbon, fenomen pentru care încă nu există dovezi empirice.

5. Ipoteza că viața a sosit pe Pământ din spațiul cosmic sub formă de spori bacterieni sau de bacterii aflate în interiorul cometelor sau asteroizilor nu ne spune nimic despre apariția vieții. În plus, astfel de ipoteze fie s-au dovedit false în urma probelor contradictorii, fie se bazează pe presupuneri foarte discutabile pentru care nu există nici o dovadă. Același lucru este valabil și în cazul ideii că viața a luat naștere în comete.
6. Ideea că prima celulă e ireductibil de complexă și nu ar fi putut să apară decât în urma unui proiect inteligent nu este susținută de probe; nu e falsificabilă și deci nu reprezintă o explicație științifică.
7. Nici invocarea principiului antropic nu oferă o explicație științifică. Principiul antropic slab nu aduce nici o contribuție. Cele trei interpretări ale versiunii principiului antropic tare nu sunt testabile și sunt fie neconvingătoare, fie tot atât de coerente cât multe alte credințe și intuiții neștiințifice.
8. Ipoteza potrivit căreia primul autoreplicator organic a provenit din molecule primordiale într-un mediu microscopic natural prin intermediul mecanicii cuantice, și nu prin legile termodinamicii, depinde de o interpretare particulară, deși rezonabilă, a teoriei cuantice. Totuși, în forma sa actuală, această ipoteză este incoerentă și încă nefundamentată experimental.
9. Ideea că echivalente biochimice ale principiului de excluziune al lui Pauli ar putea explica procesul ce duce de la molecule simple generate aleatoriu la apariția unei celule vii este atractivă, dar nimeni nu a sugerat ce fel de legi mai profunde ar putea realiza acest lucru.
10. La fel ca în cazul apariției materiei, foarte probabil știința nu poate să explice apariția vieții.

Dacă știința nu poate și nu va putea explica apariția vieții, ne poate spune oare cum a evoluat?

CAPITOLUL 16

Dezvoltarea ideilor științifice despre evoluția biologică

> Dacă ar trebui să acord un premiu pentru cea mai bună idee pe care a avut-o cineva vreodată, i l-aș acorda lui Darwin, înaintea lui Newton sau a lui Einstein sau a oricui altcuiva.
>
> —Daniel C. Dennett, 1995

> În știință, meritul îi aparține celui care convinge lumea, nu celui căruia i-a venit pentru prima oară ideea.
>
> —Sir Francis Darwin, 1914

Înainte de a evalua perspectiva științifică actuală cu privire la evoluția vieții, cred că trebuie să reafirm ce anume înțeleg prin evoluție, deoarece mulți oameni de știință echivalează acest termen cu evoluția biologică și, dintre aceștia, mulți asociază fenomenul evoluției biologice doar cu unul dintre mecanismele sale posibile: selecția naturală. Acest cuvânt are o semnificație mai largă, așa cum am văzut în partea întâi, când am vorbit despre evoluția materiei.

evoluție Un proces de schimbare prin care trece un anumit lucru, mai ales de la o stare simplă la una mai complexă.

Mai întâi voi arăta cum anume principalele idei despre viață au condus la explicația ortodoxă actuală a evoluției biologice. În următoarele două capitole voi examina ce ne spun dovezile actuale, iar în capitolele următoare voi evalua explicația ortodoxă actuală a dovezilor și ipotezele ce caută să modifice sau să pună în discuție această explicație.

IDEILE PREEVOLUȚIONISTE

Aristotel

În secolele al XIII-lea și al XIV-lea, Occidentul a redescoperit informații despre gândirea lui Aristotel, datând din secolul al IV-lea î.Hr., și a observat că acesta realizase o amplă clasificare a ființelor vii. Pornind de la o diviziune clasică între plante și animale, Aristotel împărțise animalele în cele care au și cele care nu au sânge roșu (distincție care corespunde distincției moderne

între vertebrate și nevertebrate). Apoi grupase animalele cu trăsături asemănătoare în genuri, iar genurile, în specii.

Creaționismul

La începutul dezvoltării științei occidentale din filozofia naturală, aproape toți cei care o practicau erau creștini. Cea mai mare parte a oamenilor de știință din secolul al XVIII-lea[i] credeau în adevărul Bibliei iudeo-creștine, conform căreia Dumnezeu a creat toate speciile, care astfel au rămas neschimbate de atunci. Începând cu anul 1701, versiunea autorizată a Bibliei (cea a regelui Iacob) avea tipărit pe marginea textului calculul larg acceptat al arhiepiscopului Ussher potrivit căruia creația avusese loc în urmă cu 6.000 de ani.[ii]

Linné

Clasificarea speciilor sau taxonomia aristotelică nu a suferit foarte multe schimbări până în 1735, când medicul și botanistul suedez Carl Linné – cunoscut și după numele său latinizat, Carolus Linnaeus (aproape toate scrierile științifice erau în latină) –, a publicat *Systema Naturae* (*Sistemul naturii*), lucrare care grupa speciile după caracteristicile lor fizice. În edițiile următoare, Linné a clasificat lumea naturală într-o ierarhie care începea cu trei regnuri (animal, vegetal și mineral) și progresa până la specia cu rangul cel mai înalt, omul. Tabelul 16.1 arată unde era plasat omul în clasificarea lui.

Acest lucru a iscat controverse, deoarece dădea de înțeles că suntem o simplă parte a naturii și că ne înrudim cu maimuțele.

Totuși, Linné considera că rolul său e acela de a clasifica diferitele specii create de Dumnezeu, deși mai târziu a fost tulburat de faptul că încrucișarea dintre unele specii de plante duce la apariția de hibrizi care nu mai existaseră vreodată. Era aproape să propună evoluția, dar a conchis că hibrizii sunt produsul speciilor pe care Dumnezeu le crease la începutul lumii.[1]

Sistemul taxonomic al lui Linné se mai folosește și astăzi, deși biologii, zoologii, paleontologii, antropologii, geneticienii și specialiștii în biologie moleculară au extins ierarhia și au dezvoltat bazele clasificării pornind doar de la morfologie.

---

[i]) Termenul „om de știință“ așa cum îl înțelegem noi astăzi nu a fost folosit înainte de secolul al XIX-lea, dar îl voi folosi pentru a-i descrie pe cei care se ocupau cu ceea ce astăzi numim știință, adică o abordare predominant empirică, diferită de abordarea pur conceptuală a filozofiei naturale.

[ii]) Vezi pagina 33.

Tabelul 16.1 Clasificarea omului în concepția lui Linné.

Clasificare	Nume	Scurtă descriere	Exemple
Imperium [Imperiu]		Tot ce există în natură	Animale, plante și minerale
Regnum [Regn]	*Animalia* [Animale]	Ființe vii care se deplasează	Mamifere, păsări, amfibieni, insecte, viermi
Classis [Clasă]	*Mammalia* [Mamifere]	Animale care-și hrănesc puii cu lapte produs de glandele mamare	Oameni, maimuțe, maimuțe antropoide, lilieci, câini, pisici, vite
Ordo [Ordin]	*Primates* [Primate]	Primul ordin de mamifere din ierarhia naturală	Oameni, maimuțe, maimuțe antropoide, lilieci
Genus [Gen]	*Homo* [Om]	Toate speciile omenești	Omul modern și *Homo troglodytes* (oamenii peșterilor)
Species [Specie]	*Homo sapiens* [Om înțelept]	Cea mai înaltă formă a creației lui Dumnezeu	Omul modern
[Fără nume]	Rasă	Varietăți de om	European, american, asiatic, african, monstruos (piticul alpin, uriașul patagonian etc.)

DEZVOLTAREA IDEILOR EVOLUȚIONISTE

De Maillet

În secolul al XVIII-lea câțiva intelectuali, influențați de geologii care sugerau că Pământul e considerabil mai bătrân decât se afirmă în Biblie, au speculat că speciile s-au schimbat. Am putea afirma că primul susținător modern al evoluției biologice și al existenței unui strămoș din care provin specii radical diferite de animale a fost diplomatul și istoricul naturalist francez Benoît de Maillet. Ipoteza sa că Pământul are o vechime de 2,4 miliarde de ani și că viața a început în ape puțin adânci a fost expusă în *Telliamed*, lucrare publicată postum în anul 1748.[2]

Buffon

Începând din anul 1749 și până la moartea sa, în 1788, istoricul naturalist francez Georges Louis Leclerc, conte de Buffon, a creat o operă impresionantă în 44 de volume, intitulată *Histoire Naturelle*, din care ultimele opt volume au fost completate de un coleg în anul 1804. Produs al Iluminismului francez, Buffon s-a bazat pe ideile lui Isaac Newton și pe observațiile detaliate ale mai multor oameni de știință pentru a afirma că întreaga lume naturală, de la formarea Pământului la producerea diferitelor specii, presupune

fenomene naturale care ar putea fi explicate pornind de la forțe naturale ce se supun unor legi naturale.

Buffon a anticipat știința biogeografiei observând diferențele dintre speciile ce trăiesc în regiuni diferite. Ideile sale cu privire la transformarea speciilor sunt exemplificate prin observarea (bazată pe dovezi destul de discutabile) faptului că animalele din Lumea Nouă sunt mai mici și mai firave decât omoloagele lor din Lumea Veche. Buffon a atribuit această *degenerare* factorilor transformatori, precum clima, hrana și domesticirea. Totuși, un astfel de transformism biologic nu producea specii noi.[3]

Erasmus Darwin

Erasmus Darwin, bunicul lui Charles Darwin, a fost medic, poet, abolиționist și liber cugetător radical care a adus contribuții importante în medicină, fizică, meteorologie, horticultură și botanică. A recunoscut influența mai multor surse, inclusiv cea furnizată de „ingeniosul domn Buffon", atunci când și-a exprimat punctul de vedere cu privire la evoluția biologică în primul volum, publicat în 1794, al lucrării sale *Zoonomia, or, the Laws of Organic Life* [„Zoonomia; sau legile vieții organice"], care a avut onoarea să fie interzisă apoi de către papă. Erasmus Darwin a mers mai departe decât Buffon, speculând că toate animalele cu sânge cald au provenit dintr-un „filament viu [...] înzestrat cu animalitate, capabil să dobândească părți noi [...] și având capacitatea de a continua să se perfecționeze prin propria sa activitate inerentă" și că aceste îmbunătățiri sunt transmise de la o generație la alta.[4]

În *Temple of Nature; or, The Origin of Society* [„Templul naturii; sau originea societății"], un poem alcătuit din 1.928 versuri, însoțit de note ample și publicat postum în 1803, Erasmus susține că gloria umanității, inclusiv forța sa mentală și simțul moralității, își are originile în prima formă de viață microscopică din adâncul oceanului. Aceasta s-a transformat în diferite specii ca reacție la o aspirație către perfecțiune în diferite medii înconjurătoare. Ultima notă speculează chiar că universul se va sfârși cu un Big Crunch și va reapărea pentru a evolua din nou, ca un ciclu într-un univers etern ce funcționează conform „legilor imuabile întipărite în materie de Marea Cauză a Cauzelor".[5]

Hutton

James Hutton este cel mai bine cunoscut pentru explicația sa revoluționară a felului în care procesele geologice se produc lent pe parcursul unor perioade mari de timp, idee contrară tezei biblice cu privire la vârsta Pământului. El a fost probabil primul care a propus supraviețuirea celui mai adaptat drept cauză a schimbării evolutive. În 1794, cu 65 de ani înainte de *Originea speciilor* a lui Charles Darwin, Hutton a publicat în Edinburgh *An Investiga-*

tion of the Principles of Knowledge [„O investigație a principiilor cunoașterii"], un tratat filozofic în trei volume însumând 2.138 de pagini. Pornind de la experimentele sale în domeniul încrucișării plantelor și animalelor, în capitolul 3 din secțiunea 13 a volumului 2 Hutton descrie ceea ce Darwin avea să numească mai târziu selecție naturală:

> Imaginându-ne că între indivizii acestei specii există o varietate nedeterminată, trebuie să fim siguri că, pe de o parte, cei care se îndepărtează cel mai mult de alcătuirea cel mai bine adaptată vor risca să dispară, în timp ce organismele care se apropie cel mai mult de alcătuirea cea mai bună pentru circumstanțele actuale vor fi cel mai bine adaptate să dăinuie, supraviețuind și înmulțindu-și specia.

Drept exemplu, Hutton spune că în cazul câinilor, care nu se bazează pentru a supraviețui decât pe rapiditatea picioarelor și pe ascuțimea vederii, cei cărora nu le funcționează bine aceste calități cel mai probabil vor pieri, pe când cei care sunt cel mai bine înzestrați cu ele vor fi cel mai bine adaptați pentru a supraviețui și vor lăsa urmași asemănători lor. Dar dacă supraviețuirea ar depinde de un simț olfactiv eficient, aplicând același „principiu al variației seminale", tendința naturală „ar fi să se modifice calitățile animalului și să se producă o rasă de ogari cu un simț al mirosului bun, în locul celor care își prind prada prin iuțime".[6]

Lamarck

Specialist în zoologia nevertebratelor și paleontolog francez, Jean-Baptiste Lamarck avea multe idei asemănătoare cu cele ale lui Erasmus Darwin, chiar dacă nu există dovezi care să sugereze că-și cunoșteau unul altuia lucrările.

În urma cercetărilor întreprinse, Lamarck a scris cea mai importantă carte a sa, *Philosophie zoologique*, pe care a prezentat-o la Institutul Național de Științe și Arte în 1809. Cele 903 pagini repetitive și uneori obscure ale cărții conțin concepte centrale ale gândirii evoluționiste moderne. Pornind de la studiile sale pe animale, Lamarck conchide că:

1. În decursul timpului, multe forme de viață trebuie să fi fost înlocuite de altele, deoarece le găsim sub formă de fosile și nu se mai întâlnesc astăzi în natură, în timp ce formele de viață actuale nu au rămășițe fosile.
2. Animalele pot fi clasificate în funcție de gradul lor de complexitate.
3. Animalele actuale prezintă o largă varietate de forme.
4. Animalele actuale sunt deosebit de bine adaptate la mediul lor înconjurător.

El a explicat aceste fenomene afirmând că acțiunea căldurii, luminii și umidității asupra materiei anorganice generează mici granule de materie vie, ipoteză numită astăzi abiogeneză (apariția vieții din materie neînsuflețită). Această materie vie are capacitatea inerentă de a manifesta o organizare tot mai complexă. Abiogeneza nu a fost un eveniment unic în istoria Pământului, așa cum se consideră de regulă astăzi, ci se produce neîncetat, iar diferitele specii pe care le vedem sunt rezultatul unor linii care și-au început procesul de complexificare în perioade diferite de timp. *Homo sapiens* este linia cea mai veche, deoarece a atins cel mai înalt grad de complexitate.

El a lansat ipoteza că adaptarea la diferite condiții de mediu întrerupe această dezvoltare lină a complexității pentru a produce marea diversitate de specii din cadrul fiecărui gen. Iată așadar și motivul pentru care acest *transformism* sau această evoluție permite arborilor genealogici să manifeste un progres de la simplu la complex, omul ocupând cea mai înaltă poziție.

Aceste sugestii materialiste au pus în discuție credințele creștine fundamentale potrivit cărora Dumnezeu este cel care a creat fiecare formă de viață și omul deține o poziție unică în cadrul creației.

Pentru a-și susține teoria evoluționistă, Lamarck a oferit patru tipuri de dovezi pe care Charles Darwin avea să le folosească cincizeci de ani mai târziu în *Originea speciilor*: registrul fosil, marea varietate a animalelor și plantelor create de om prin cultivare (Lamarck chiar l-a anticipat pe Darwin menționând porumbeii rotați), prezența vestigiilor unor structuri nefuncționale la multe animale și prezența unor structuri embrionare care nu au corespondent la exemplarul adult.

Cu toate astea, lamarckismul a ajuns ulterior să fie asociat nu cu fenomenul evoluției biologice, ci cu mecanismul aflat în spatele său și descris prin două legi fundamentale în *Philosophie zoologique*. Prima lege spune că organismele se schimbă ca reacție la schimbările din mediul înconjurător: modificările suferite de mediu influențează nevoile fiziologice ale organismelor, care provoacă modificări ale comportamentului acestora, în urma cărora unele părți ale corpului lor sunt folosite mai intens, pe când altele nu mai sunt folosite, ceea ce duce mai departe la creșterea sau diminuarea acelor părți. A doua lege spune că aceste modificări sunt moștenite. În consecință, modificările morfologice foarte mici se cumulează de-a lungul generațiilor și produc transformări majore. Drept exemplu, Lamarck spune că girafele au început să-și alungească gâtul pentru a ajunge la singura hrană disponibilă, frunzele din vârful copacilor. Această alungire treptată a gâtului a fost moștenită și s-a accentuat de la o generație la alta până la specia pe care o cunoaștem astăzi.

Ideea că mediul înconjurător provoacă modificări ereditare în organisme a căpătat abia de curând un fundament empiric în epigeneză, despre care voi vorbi într-un alt capitol.

Ideile lui Lamarck au fost în mare parte ignorate și ridiculizate în timpul vieții sale, iar el a murit în sărăcie în 1829.[7]

Geoffroy

Naturalistul francez Étienne Geoffroy Saint-Hilaire era deist: credea că Dumnezeu a creat universul și apoi l-a lăsat să funcționeze sub imperiul legilor naturale, fără a mai interveni. Fiind prieten și coleg cu Lamarck, Saint-Hilaire a apărat și a dezvoltat teoriile acestuia. Strângând probe din anatomia comparată, paleontologie și embriologie, Saint-Hilaire a pledat pentru unitatea subiacentă a proiectului tuturor organelor. Prin analogie cu dezvoltarea de la embrionul simplu la adultul complex, a folosit termenul „evoluție" cu referire la transmutația speciilor la nivelul timpului geologic.[8]

Wells

În anul 1813, William Wells, medic și tipograf american de origine scoțiană, a prezentat o lucrare în fața Societății Regale. Conform biografiei sale, scrisă de J.H.S. Green și publicată în *Nature*, Wells „nu numai că a furnizat o teorie a variației, a selecției, a descendenței cu modificări și a originii raselor omenești; el a înțeles, de asemenea, importanța bolilor în selecție, un factor trecut cu vederea de Darwin în *Originea speciilor*"[9]. Lucrarea lui Wells a fost publicată postum în 1818.

Grant

Robert Edmond Grant, biolog radical și prieten al lui Geoffroy, a fost membru de frunte al Plinian Society din Edinburgh. Darwin a intrat în această societate în 1826, când își începea al doilea an al studiilor medicale la Universitatea din Edinburgh, devenind cel mai dedicat student al lui Grant. Grant susținea cu entuziasm ideile transformiste ale lui Lamarck și Geoffroy și a speculat că „transformarea" ar putea să afecteze toate organismele care au evoluat din modelul primitiv, sugerând o origine comună a plantelor și animalelor.[10]

Matthew

În 1831, Patrick Matthew, proprietar de pământuri și pomicultor scoțian, a publicat o carte intitulată *On Naval Timber and Arboriculture* [„Despre lemnul pentru construcțiile navale și despre arboricultură"]. În anexa cărții, Matthew și-a transformat ideea despre cum ar putea selecția artificială să îmbunătățească pomii cultivați într-o lege universală a selecției naturale

conform căreia „dacă descendenții aceloraşi părinți sunt plasați în circumstanțe foarte diferite, aceştia ar putea să devină în câteva generații o specie distinctă şi incapabilă de coreproducere“[11].

WALLACE[12]

Educația lui Alfred Russel Wallace la gimnaziul din Hertford, din sud-estul Angliei, s-a oprit brusc la vârsta de 14 ani, când părinții săi l-au retras din cauza dificultăților financiare. În timp ce lucra ca topograf şi inginer, a devenit fascinat de lumea naturală. Inspirându-se din cronicile naturaliştilor, inclusiv din jurnalul de călătorie pe vasul *Beagle* al lui Charles Darwin, apărut în 1839, a pornit în propria sa expediție în America de Sud pentru a colecționa specimene de plante, insecte şi animale.

Fusese de asemenea impresionat de cartea *Principles of Geology* [„Principiile geologiei“] scrisă de Sir Charles Lyell, care arăta felul în care procese lente şi neîntrerupte pot să aducă modificări majore, şi de *Vestiges of the Natural History of Creation* [„Vestigii ale istoriei naturale a creației“], o lucrare foarte controversată de popularizare a științei publicată anonim în 1844[i], care susținea o origine evolutivă a sistemului solar, a Pământului şi a ființelor vii. Se pare că aceste opere l-au convins cu privire la transmutația speciilor, drept care a început să cerceteze cauzele acesteia. A planificat să-şi finanțeze activitatea prin vânzarea de specimene zoologice colecționarilor din Anglia.

În 1854, a pornit într-o expediție de opt ani în arhipelagul malaez (Malaysia şi Indonezia de astăzi), în cursul căreia a început o corespondență cu Darwin. În 1858, îi trimite lui Darwin un eseu intitulat „On the Tendency of Varieties to Depart Indefinitely From the Original Type“, cu rugămintea să-l examineze şi să i-l transmită lui Lyell, dacă va considera că e cazul.

Darwin a fost devastat. Cu doi ani înainte îi scrisese prietenului său Lyell: „Urăsc ideea de a scrie pentru întâietate, dar m-ar deranja dacă altcineva ar publica doctrinele mele înaintea mea“[13]. Pe 18 iunie 1858, Darwin îi trimite lui Lyell eseul împreună cu o scrisoare în care spune: „Niciodată nu am văzut o coincidență mai izbitoare; dacă Wallace ar fi avut manuscrisul meu din 1842, nu ar fi putut să facă un rezumat mai bun! [...] Deci toată originalitatea mea [...] va fi ruinată“[14].

O săptămână mai târziu, Darwin îi trimite o altă scrisoare lui Lyell, subliniind că:

> Nu există nimic în eseul lui Wallace care să nu fie scris mult mai pe larg în manuscrisul meu, redactat în anul 1844 şi citit de Hooker cu

[i]) A douăsprezecea ediție, publicată în 1884, îl avea ca autor pe Robert Chambers.

> vreo doisprezece ani în urmă. Cam acum un an, i-am trimis un scurt rezumat al ideilor mele [...] lui Asa Gray, astfel încât pot să spun și să dovedesc cu toată încredințarea că nu am luat nimic de la Wallace [...]. Îmi e greu să mă văd astfel silit să pierd prioritatea pe care o am de atâția ani de zile.

Printre nemulțumirile cu privire la propria sa nevrednicie, Darwin îi cere lui Lyell părerea dacă ar fi neonorabil din partea lui să publice acum și îl roagă să transmită materialul altui confident de-al său, botanistul Joseph Hooker. Lui Hooker i se adresează folosind același ton autodepreciativ și se oferă să scrie o versiune mai detaliată a schiței din 1844 pentru revista Societății Linneene.[15]

Lyell și Hooker i-au răspuns oferindu-i soluția pe care Darwin practic o sugerase în scrisorile sale. Pe 1 iulie 1858, cei doi au făcut o prezentare comună la Societatea Linneană, intitulată „On the Tendency of Species to form Varieties; and on the Perpetuation of Varieties and Species by Natural Means of Selection". Materialul prezentat cuprindea extrase din schița din 1844 pe care Darwin i-o trimisese lui Hooker și o parte din scrisoarea pe care i-o trimisese lui Asa Gray în 1857, urmate de eseul de 20 de pagini al lui Wallace. În nota introductivă Lyell și Hooker spuneau că ei nu încearcă doar să ia în considerare revendicările de prioritate ale lui Darwin și Wallace, ci prezintă materialul în interesul științei în general.[16] Fără ca Darwin să pară că pretinde personal prioritatea, demersul său a avut rezultatul dorit: s-a înregistrat public faptul că el este primul care a venit cu ideea selecției naturale, menționându-se în același timp că Wallace a ajuns independent, dar mai târziu, la aceeași concluzie.

Wallace nu a fost consultat în această privință, dar a părut mulțumit când a fost informat de eveniment. Îi dădea unei persoane fără educație universitară, care-și câștiga banii colectând și vânzând specimene biologice, recunoașterea și accesul la membrii unei societăți științifice; în Anglia victoriană, această onoare le revenea celor din clasa privilegiată, gentlemeni cu resurse financiare precum Lyell și Darwin.

Darwin i-a oferit prietenia tânărului Wallace, iar acesta a răspuns devenind unul dintre cei mai fervenți susținători ai săi și apărând *Originea speciilor prin selecție naturală sau păstrarea raselor favorizate în lupta pentru existență*, cartea pe care Darwin s-a grăbit s-o publice în anul următor prezentării din cadrul Societății Linneene.

Această prietenie nu l-a împiedicat pe Wallace să-l contrazică pe Darwin în privința anumitor aspecte, printre care gradul în care selecția naturală ar putea explica dezvoltarea moralității și a facultăților intelectuale ale omului, măsura în care selecția sexuală ar putea să explice dimorfismul

sexual, credința lui Darwin în moștenirea caracteristicilor dobândite și ideea lui cu privire la pangeneză (vezi mai jos).

Wallace și-a continuat activitatea, publicând în 1864 un studiu intitulat „The Origin of Human Races and the Antiquity of Man Deduced from the Theory of «Natural Selection»", ce cuprindea teme pe care Darwin nu le discutase public, iar în 1889, o carte intitulată *Darwinism*, în care explica și apăra selecția naturală. În această carte Wallace sugera că selecția naturală ar putea să ducă la izolarea reproductivă a două varietăți prin încurajarea dezvoltării unor bariere împotriva hibridizării, ajutând astfel la generarea unor specii noi.

CHARLES DARWIN

Un gânditor original?

Așa cum au demonstrat celebrările din 2009, când s-au împlinit 200 de ani de la nașterea sa și 150 de ani de la publicarea *Originii speciilor*, Darwin este în general prezentat drept prima persoană care a dezvoltat teoria evoluției biologice și care a propus selecția naturală drept cauză a acesteia.

După o călătorie de cinci ani în jurul lumii la bordul corabiei *HMS Beagle* care s-a încheiat în 1836, Darwin a petrecut următorii 23 de ani încercând înțeleagă specimenele pe care le adunase și lucrurile pe care le văzuse, căutând și mai multe specimene și relatări ale altor naturaliști, făcând experimente și citind cu aviditate. Caietele sale de lucru din această perioadă, în care se referă în mod repetat la „teoria mea", nu dau nici o indicație că s-ar fi inspirat din ideile altora. Și totuși, așa cum subliniază Paul Pearson, de la Universitatea din Cardiff, probabil nu este o coincidență că Wells, Matthew și Darwin au studiat în Edinburgh, orașul lui Hutton, renumit pentru societățile sale intelectuale și pentru gânditorii săi radicali, și „pare posibil ca un concept pe jumătate uitat din anii studenției să i se fi ivit din nou în minte [lui Darwin] în timp ce se străduia să explice observațiile asupra speciilor și varietăților culese în cursul călătoriei pe *Beagle*"[17]. În plus, marele său prieten și confident, geologul sir Charles Lyell, era principalul susținător al teoriei geologice antibiblice a uniformismului[i] huttonian. Mai mult decât atât, Grant, mentorul lui Darwin în Edinburgh, era un „transmutaționist lamarckian entuziast și i-a făcut cunoștință tânărului Darwin atât cu transformismul, cât și cu zoologia nevertebratelor în interpretarea lui Lamarck"[18]. După patru ani de când plecase din Edinburgh, Darwin l-a consultat pe Grant, pe atunci profesor de anatomie comparată

[i]) Teorie potrivit căreia, încă de la formarea sa, pe suprafața Pământului au avut loc aceleași procese fizice și chimice, care explică toate fenomenele geologice.

la recent înființata Universitate din Londra[i], înainte de a pleca în călătoria de la bordul corabiei *Beagle*.

În afară de recunoașterea faptului că a fost determinat să publice după ce a aflat că Wallace a ajuns la aceleași concluzii în mod independent, Darwin nu menționează ideile evoluționiste ale nimănui altcuiva nici în prima și nici în cea de-a doua ediție a *Originii speciilor*. Cea de-a treia ediție, publicată în 1861, conține o scurtă introducere intitulată „Schiță istorică a dezvoltării concepției despre originea speciilor". În această prefață declară că nu cunoaște lucrările lui Buffon, face o scurtă expunere a scrierilor lui Lamarck (dar numai după ce Lyell l-a presat să-i acorde lui Lamarck meritul cuvenit[19]) și oferă un rezumat nuanțat al ideilor lui Geoffroy expuse de fiul acestuia, spunând că Geoffroy a fost prudent în a trage concluzii și că nu credea că speciile actuale sunt supuse modificărilor.

Nu se referă la Hutton. Abia dacă își pomenește bunicul o singură dată într-o notă de subsol, spunând că acesta „a anticipat justificările eronate și vederile lui Lamarck".

Printre alte trimiteri din schița sa istorică, Darwin pomenește un paragraf din articolul publicat de Grant în 1826 în *Edinburgh Philosophical Journal*, unde „își afirmă în mod clar convingerea că speciile descind din alte specii și că se perfecționează în decursul modificării lor"[20].

Darwin recunoaște că în 1831 Matthew

> a exprimat un punct de vedere asupra originii speciilor întru totul asemănător cu cel propus de dl Wallace și de mine în *Linnean Journal* și cu acela dezvoltat în volumul de față. Din nefericire, acest punct de vedere a fost exprimat de dl Matthew foarte pe scurt, în pasaje izolate, în anexa unei lucrări consacrate unui subiect diferit.

Darwin continuă citând o scrisoare în care Matthew spunea:

> În cazul meu, concepția despre această lege a naturii mi-a venit în mod intuitiv, ca un fapt de la sine înțeles, aproape fără vreun efort de gândire. Dl Darwin pare să aibă mai mult merit în această descoperire decât am avut eu. [...] Se pare că a dezvoltat-o prin raționament inductiv, lent și cu precauția necesară parcurgerii unei căi sintetice de la un fapt la altul.[21]

În a patra ediție, publicată în 1866, Darwin admite că Wells este primul care a recunoscut, în 1813, principiul selecției naturale, „însă el îl aplică numai raselor omenești și numai anumitor caractere izolate".

---

[i]) A fost înființată în 1826 ca primă universitate din Anglia care accepta studenți ce nu făceau parte din Biserica Anglicană, iar în 1836 a fost numită prin decret regal University College London.

Comparând textele scrise de predecesorii săi cu afirmațiile lui Darwin despre ele, nu avem cum să evităm concluzia că Darwin se angajase într-o manipulare de secol XIX: minimalizând contribuția lor[i] pentru a-și atribui meritul descoperirii evoluției biologice (sau a descendenței cu modificări, cum o numea) și a selecției naturale drept cauză a acesteia.

Contribuția lui Darwin

Darwin are patru contribuții majore la teoria evoluției biologice. În primul rând, a adunat dovezi considerabile ce subminează perspectiva ortodoxă potrivit căreia Dumnezeu a creat fiecare specie separat și a argumentat convingător, dar în nici un caz concludent, că fiecare specie din fiecare gen a evoluat treptat dintr-un strămoș comun. În al doilea rând, a lansat ipoteza că principala (dar nu singura) cauză a acestei evoluții este selecția naturală. În al treilea rând, a propus ideea că selecția sexuală reprezintă o altă cauză. În al patrulea rând, promovarea evoluției biologice și a selecției naturale drept cauză ipotetică a acesteia a fost esențială în acceptarea ideilor sale de către comunitatea științifică.

După călătoria pe *Beagle*, Darwin a dedicat peste 40 de ani studiului și experimentelor cu plante și animale, publicând în această perioadă 19 cărți și sute de articole științifice. Din această activitate intensă, care i-a conferit reputația ca naturalist, cele mai semnificative lucrări au fost *Originea speciilor prin selecție naturală sau păstrarea raselor favorizate în lupta pentru existență*, pe scurt *Originea speciilor*, publicată prima dată în 1859 și urmată de alte cinci ediții, și *Descendența omului și selecția sexuală*, publicată în 1871, cu o ediție revizuită în 1874, urmată de o ediție definitivă ce cuprinde și articolul publicat în 1876 în *Nature*, „Selecția sexuală la maimuțe".

Dovezi

Dovezile descendenței cu modificări (abia în 1872, odată cu ultima ediție a *Originii speciilor*, Darwin avea să folosească termenul „evoluție") se pot grupa în nouă categorii.

1. *Variațiile plantelor și animalelor domesticite, mai ales prin reproducere selectivă*
   Modificarea rapidă a caracteristicilor animalelor și plantelor domesticite, mai ales atunci când sunt crescute sau cultivate în mod selectiv pentru anumite caracteristici, demonstrează schimbarea evolutivă; variațiile moștenite includ comportamentul, exemplificat prin instinc-

[i]) De exemplu, chiar dacă ideile lui Matthew sunt cuprinse într-o anexă, ele nu sunt nici risipite și nici prezentate pe scurt, comparativ cu propria sa contribuție din revista Societății Linneene.

tele câinilor din rasa golden retriever și ale câinilor ciobănești tineri și neantrenați.

Darwin a crescut selectiv porumbei și a susținut că toate varietățile provin din porumbelul de stâncă (*Columba livia*). Totuși, a ajuns la concluzia că marea varietate de rase de câine domestic ne arată că provin din strămoși sălbatici diferiți.

Toate aceste exemple demonstrează mai curând variațiile din interiorul unei specii decât originea diferitelor specii.

2. *Variațiile din natură*

După ce expune diferitele definiții și clasificări ale speciilor propuse de botaniști, zoologi și naturaliști, Darwin observă „cât de vagă și de arbitrară este deosebirea dintre specii și varietăți"[i]. În cadrul genurilor mari, speciile strâns înrudite au tendința de a forma mici grupuri în jurul altor specii și au o anvergură restrânsă. Acest tipar, susține el, e valabil pentru acele specii care își au originea în varietăți mai vechi, dar nu poate fi explicat dacă fiecare specie ar fi o creație independentă.

3. *Registrul fosil*

Darwin susține că apariția bruscă a fosilelor și absența formelor intermediare nu reprezintă un argument împotriva evoluției. El oferă câteva motive, printre care imperfecțiunea datelor geologice (având în vedere că fosilele se formează de obicei numai în decursul subsidenței) și dispariția speciilor intermediare din cauza unor specii succesoare mai bine adaptate să câștige lupta pentru existență.

Dă apoi exemple de fosile a căror formă demonstrează înrudirea cu specii existente, precum mamiferele fosile din Australia și marsupialele actuale de pe același continent, susținând că varietatea mai mare de specii actuale provenite din tipologiile fosile ancestrale demonstrează descendența cu modificări.

4. *Clasificarea speciilor*

Clasificarea speciilor în grupuri înrudite decurge „în mod firesc din admiterea originii comune a formelor apropiate, împreună cu modificarea lor prin variație și selecție naturală, legată de condițiile extincției și divergenței caracterelor".

---

[i]) Cu excepția cazurilor în care fac alte trimiteri, pentru citatele din *Originea speciilor* am folosit ediția a șasea, publicată în 1872, deoarece reprezintă ediția definitivă și cuprinde ideile cele mai cumpănite ale lui Darwin. Toate edițiile *Originii speciilor* și toate celelalte lucrări ale lui Darwin sunt disponibile pe Internet grație muncii excepționale depuse de John van Whyne, director al proiectului dedicat publicării online a operelor complete ale lui Darwin: http://darwin-online.org.uk/.

5. *Asemănările dintre organele care îndeplinesc funcții diferite la specii din aceeași clasă*

   Astfel de organe – cum ar fi mâna omului, membrul anterior al cârtiței, al calului, înotătoarea delfinului și aripa liliacului – sunt construite conform aceluiași tipar și includ oase asemănătoare în poziții relativ asemănătoare. Asta sugerează că descind din organul unui strămoș comun și că s-au modificat pentru a se adapta la medii înconjurătoare diferite.
6. *Asemănarea embrionilor*

   Embrionii mamiferelor, păsărilor, șopârlelor și șerpilor sunt izbitor de asemănători atât la nivel general, cât și ca mod în care li se dezvoltă părțile; le lipsesc variațiile ce se manifestă în stadii mai târzii ale vieții. Astfel de embrioni, spune Darwin, sunt asemănători structural cu strămoșii adulți ai grupului, care sunt mai puțin modificați și de regulă dispăruți, deși aceasta e o speculație, întrucât nu există dovezi care s-o susțină.
7. *Modificările din cursul dezvoltării*

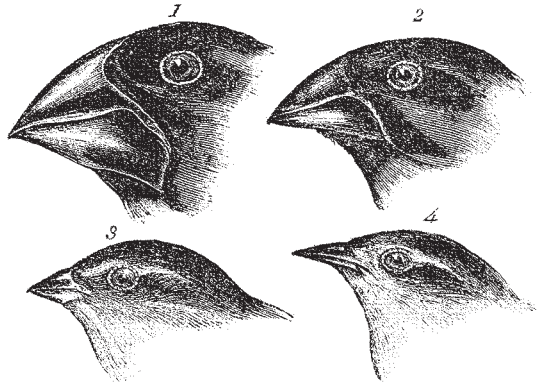
   Darwin extinde acest punct de vedere la dezvoltarea timpurie a puilor, în special la etapele de tranziție. El observă, de pildă, că în perioada în care depind de părinți pentru a se hrăni puii nu manifestă variațiile adaptative pe care le dobândesc mai târziu. De exemplu, penajul păsărilor tinere din genuri înrudite este asemănător la toate speciile. Raționamentul său ia în considerare metamorfozele, precum tranziția de la omidă la fluture și de la larvă la muscă.
8. *Organe rudimentare, atrofiate sau dispărute*

   Dinții embrionilor de balenă, glandele mamare rudimentare ale masculilor unor mamifere, aripile struților și alte exemple ne indică anumite caracteristici ale strămoșilor din care au provenit. În schimb, teoria creației are dificultăți în a explica astfel de aspecte.
9. *Distribuția geografică a speciilor*

   Darwin considera că dovada cea mai convingătoare a descendenței cu modificări e furnizată de variațiile speciilor aflate în regiuni geografice separate de bariere ce împiedică migrațiile și totodată în medii înconjurătoare diferite.

   Exemplul consacrat pentru ceea ce astăzi numim biogeografie sunt cintezele lui Darwin. Ediția din 2008 a *Encarta World English Dictionary* le definește astfel:

   > Cinteze din insulele Galápagos: păsări din insulele Galápagos pe care Charles Darwin și-a bazat teoria selecției naturale prin observarea obiceiurilor alimentare ale acestora și a diferențelor în structura ciocului. Subfamilia *Geospizinae*.



1. Geospiza magnirostris
2. Geospiza fortis
3. Geospiza parvulas
4. Certhidea olivasea

Figura 16.1 Cinteze din arhipelagul Galápagos

Acest exemplu este dezvoltat și predat în multe școli și facultăți. Un tutorial de la Colegiul Palomar din California spune următoarele: Darwin a identificat treisprezece specii de cinteze în insulele Galápagos. Acest lucru l-a surprins, deoarece cunoștea o singură specie de cinteze pe continentul sud-american, la o distanță de aproape 600 de mile spre est, de unde se presupunea că ar fi provenit toate [...].

Fiecare insulă are propria specie de cinteze, iar aceste specii diferă între ele din mai multe puncte de vedere, mai ales în privința formei ciocului. Darwin a ajuns la concluzia că aceste cinteze descind dintr-un singur tip de cinteză ancestrală, dar că diferitele medii înconjurătoare din diferitele insule au favorizat caracteristici diferite ale populației de cinteze. De exemplu, dacă într-una din insule există o abundență de insecte, dar relativ puține nuci sau semințe, cintezele care s-au născut cu un cioc mai subțire ce le ușurează accesul la insecte ascunse în crăpături au fost favorizate față de cintezele cu cioc mai gros. Cintezele cu cioc subțire vor avea mai mulți urmași decât rudele lor cu cioc mai gros și, întrucât puii acestora vor moșteni caracteristicile părinților, forma ciocului se va răspândi treptat la întreaga populație de cinteze din insula respectivă. Lucrurile se vor petrece exact invers pe insulele unde există mai multe semințe decât insecte: acolo vor prospera păsările al căror cioc gros e mai bine adaptat pentru a sparge semințe. În cele din urmă, populațiile astfel separate vor ajunge să fie mult prea diferite pentru a se încrucișa și se vor transforma în specii separate.[22]

Din păcate, acesta este un alt mit despre Darwin.

În perioada călătoriei pe *Beagle*, Darwin considera că cele mai multe specimene de păsări pe care le adunase nu sunt cinteze; pe unele le-a botezat păsări negre, pe altele „cioc gros" și chiar pitulici; în plus, nu a putut să stabilească de pe ce insule proveneau. La sosire, le-a dat Societății Zoologice din Londra, care apoi le-a pus la dispoziția ornitologului John Gould pentru a le identifica. Gould a fost cel care a identificat păsările ca fiind diferite specii de cinteze (desenele sale sunt reproduse în figura 16.1). Mai târziu, Darwin a examinat colecțiile altor trei tovarăși de călătorie, inclusiv pe cea a căpitanului FitzRoy.[23]

Mitul a fost răspândit de ornitologul David Lack într-o carte publicată în 1947 și intitulată *Darwin's Finches* [„Cintezele lui Darwin"][24]. Totuși, Frank Sulloway, de la Universitatea Harvard, a examinat documentele de la acea vreme, iar în 1982 a demonstrat, între altele, că Lack a presupus în mod greșit că specimenele corect etichetate ale lui FitzRoy ar fi fost de fapt opera lui Darwin, ajungând chiar să confunde insulele de proveniență ale unor specimene.

Când a vizitat insulele Galápagos, Darwin nu numai că nu a observat că există cinteze diferite pe insule diferite, dar nici măcar nu a făcut legătura între forme diferite de cioc și tipuri diferite de dietă. Conform biografilor săi, Adrian Desmond și James Moore, după întoarcerea în Anglia, Darwin

> a rămas nedumerit în legătură cu cintezele din Galápagos [...], nu și-a dat seama de importanța tipurilor diferite de cioc [...]. Nu se gândea la un singur grup strâns înrudit ce s-a specializat și s-a adaptat la diferite nișe ale mediului înconjurător.[25]

Deși imaginile cu aceste cinteze au fost folosite ca simbol în contextul mai multor celebrări prilejuite de cei 150 de ani de la publicarea *Originii speciilor*, Darwin nu le-a menționat niciodată în nici una dintre edițiile cărții sale.

Cu toate astea, două capitole din *Originea speciilor* oferă exemple de biogeografie, care a reprezentat principalul argument pe care Wallace și-a sprijinit ipoteza despre evoluția biologică. În aceste exemple, Darwin subliniază asemănările dintre specii aflate în diverse medii înconjurătoare de pe continentul american și cât de diferite sunt aceste specii de cele care trăiesc în condiții asemănătoare în Africa și Australia. El atribuie aceste diferențe barierelor naturale din calea migrațiilor.

Cât despre insulele Galápagos, Darwin observă că aproape fiecare specie acvatică și terestră prezintă o strânsă asemănare cu speciile de pe continentul sud-american, aflat la o distanță de 500–600 de mile, în ciuda importantelor deosebiri geologice, topografice și climatice. În regiuni care au condiții asemănătoare, precum arhipelagul vulcanic Capul Verde, situat în apropierea coastei de vest a Africii, speciile sunt foarte diferite.

Explicația creaționistă ar trebui să susțină că Dumnezeu a creat separat nenumărate variații ale speciilor pentru a le așeza în regiuni diferite. O explicație mult mai rezonabilă este aceea că speciile de pe continentul sud-american au migrat în arhipelagul Galápagos și apoi au dezvoltat variații relativ mici comparativ cu variațiile mult mai ample ale speciilor situate în regiuni mult mai îndepărtate.

Selecția naturală

Darwin susținea că principala, dar nu și singura, cauză a acestor variații este selecția naturală, un principiu potrivit căruia cei mai buni competitori din orice populație au cele mai mari șanse de a supraviețui și de a se reproduce, transmițându-și astfel caracteristicile generațiilor următoare.

Această perspectivă a fost puternic influențată de a șasea ediție revizuită a *Eseului asupra principiului populației* (1826), scris de clericul și economistul englez Thomas Malthus. În esență, Malthus susține că în timp ce rezervele de hrană cresc în progresie aritmetică, populațiile cresc în mod natural în progresie geometrică. Astfel, dacă nu se exercită nici un control, populația va depăși resursele de hrană, ajungându-se la foamete.

Toate edițiile *Originii speciilor* oferă un exemplu imaginar al funcționării selecției naturale. Într-o haită de lupi, cei mai rapizi și mai zvelți vor fi cei mai eficienți prădători și deci vor avea cea mai mare șansă de supraviețuire.[26] Acest exemplu este surprinzător de asemănător cu cel oferit de Hutton (vezi mai sus) când explică supraviețuirea celui mai adaptat: în cazul câinilor care nu se bazează pentru a supraviețui decât pe rapiditatea picioarelor și pe ascuțimea vederii, cei dotați cu aceste calități vor fi cel mai bine adaptați pentru supraviețuire și reproducere, pe când cei care nu posedă aceste calități cel mai probabil vor pieri.

În ediția definitivă a *Originii speciilor*, Darwin definește selecția naturală astfel:

> Datorită acestei lupte [pentru supraviețuire], variațiile – oricât de mici și indiferent de cauza care le-a provocat –, dacă sunt de vreun folos indivizilor dintr-o specie [...] vor contribui la menținerea unor asemenea indivizi și vor fi, în general, moștenite de descendenți. Acești descendenți, la rândul lor, vor avea o șansă mai mare de supraviețuire, deoarece din mulțimea de indivizi ai oricărei specii care se nasc periodic, numai un număr mic pot supraviețui. Acest principiu prin care orice variație neînsemnată, dacă este folositoare, se păstrează l-am numit selecție naturală, pentru a sublinia legătura lui cu puterea de selecție a omului.[27]

Darwin nu cunoștea cauzele acestor variații, dar, spre deosebire de perspectiva ortodoxă, considera că ele nu apar la întâmplare.

> Până acum am vorbit uneori despre variații – atât de comune și de polimorfe la ființele organice domesticite și mai puțin la cele în stare naturală – ca și cum ele s-ar datora hazardului. Fără îndoială că expresia aceasta este cu totul incorectă.[28]

Selecția naturală acționează asupra acestor variații.

> Am văzut că omul poate realiza prin selecție, în mod sigur, rezultate bune și poate, prin acumularea unor variații ușoare, dar folositoare, oferite de natură, să adapteze ființe organice la nevoile sale. După cum vom vedea însă în cele ce urmează, selecția naturală este o forță permanent gata de acțiune și infinit superioară slabelor eforturi umane, la fel cum sunt operele naturii față de cele de artă.[29]

Darwin afirmă nu numai că selecția naturală este o forță infinit superioară selecției artificiale, dar și că (spre deosebire de perspectiva ortodoxă a biologiei actuale) ea determină îmbunătățiri evolutive.

> Duce la perfecționarea fiecărei ființe în raport cu condițiile sale de viață organice și neorganice și, prin urmare, în majoritatea cazurilor, la ceea ce trebuie considerat un progres al organizării.[30]

Speciația

În ciuda titlului său, se poate spune că cea mai faimoasă lucrare a lui Darwin nu se referă la originea speciilor. Acest lucru se datorează în principal ideii lui Darwin că selecția naturală este lentă și graduală și că există puține elemente de diferențiere între varietăți și specii.[31] El nu precizează ce anume deosebește variațiile de speciile aceluiași gen, cu excepția observației că speciile sunt „suficient de bine definite", în timp ce varietățile intermediare au fost „înlocuite și exterminate" în procesul de selecție naturală.[32]

Supraviețuirea celui mai adaptat

Darwin nu explică limpede ce înțelege prin supraviețuirea celui mai adaptat. Pe de o parte spune că este o exprimare metaforică:

> Voi folosi această sintagmă într-un sens larg și metaforic, cuprinzând dependența unei ființe față de alta și cuprinzând (ceea ce e mai important) nu numai viața individului, dar și reușita în a lăsa urmași.[33]

Aceeași poziție este sugerată într-o secțiune a *Descendenței omului*. După ce dă exemple de sociabilitate și cooperare în cadrul speciilor animale și între oameni, Darwin observă că

> acele comunități care includ cel mai mare număr de membri cu simpatie reciprocă vor propăși cel mai bine și vor avea cel mai mare număr de descendenți.[34]

Totuși, aceste cărți compilează în mare parte „fapte“ care arată că lupta pentru existență este reală, nu metaforică. Într-adevăr, după numai nouă pagini de la fragmentul citat anterior din *Originea speciilor*, Darwin spune:

> Deoarece speciile aparținând aceluiași gen prezintă de obicei – deși în nici un caz invariabil – o mare asemănare în obiceiuri și în constituție și întotdeauna în structura lor, lupta va fi în general mai severă între ele, atunci când intră în concurență reciprocă, decât între speciile genurilor diferite.[35]

Realitatea acestei lupte competitive pentru supraviețuire este afirmată în mod explicit în *The Variation of Animals and Plants under Domestication* [„Variația animalelor și plantelor sub influența domesticirii“], pe care o gândise ca pe un capitol dintr-o carte mai importantă despre evoluție, față de care *Originea speciilor* era doar o simplă schiță.

> S-a spus pe drept cuvânt că întreaga natură este în stare de război; cei mai puternici izbândesc în cele din urmă, iar cei mai slabi cad. Știm prea bine că miliarde de forme au dispărut de pe fața pământului. Așadar, dacă în natură ființele organice variază fie și numai într-o mică măsură [...], atunci severa și neîncetata luptă pentru existență va face ca acele variații favorabile, oricât de slabe, să fie păstrate sau selecționate, iar cele nefavorabile să fie distruse.[36]

Și:

> Am numit selecție naturală această conservare a varietăților care în lupta pentru existență prezintă vreun avantaj în ce privește structura, constituția sau instinctul lor; iar dl Herbert Spencer a exprimat și el bine aceeași idee când a spus că supraviețuiesc cei mai apți.[37]

Această interpretare literală a fost larg acceptată.

Selecția sexuală

Ca răspuns la criticile că lucruri precum penele cozii păunului ar reprezenta mai curând un dezavantaj decât un avantaj în lupta pentru resurse limitate, Darwin a propus ideea că selecția sexuală este de asemenea o cauză a evoluției biologice, în special pentru masculii speciei.

În concordanță cu această ipoteză, penele tot mai lungi și mai colorate ale cozii atrag femelele și le permit celor care le poartă să producă mai mulți urmași decât masculii cu o coadă mai puțin spectaculoasă.

În cazul oamenilor,

> eu conchid că, dintre toate cauzele care au dus la deosebiri în aspectul exterior între rasele umane și, într-o anumită măsură, dintre om și animalele inferioare, selecția sexuală a fost cea mai eficientă.[38]

Teoria lamarckiană despre efectul folosirii și nefolosirii

Când Lyell l-a constrâns să-i acorde lui Lamarck recunoașterea meritată, Darwin a făcut-o cu multă rezervă și i-a răspuns:

> Faceți adesea referire la munca lui Lamarck; nu știu ce credeți despre ea, dar mie îmi pare extrem de săracă; nu am extras nici un fapt sau nici o idee din ea.[39]

Asta nu l-a împiedicat să apeleze la cele patru categorii de dovezi în favoarea evoluției biologice folosite anterior de Lamarck. În plus, în prima ediție a *Originii speciilor*, Darwin discută, fără să-l menționeze pe Lamarck, despre „Efectul folosirii și nefolosirii", scriind:

> Cred că nu poate să mai încapă nici o îndoială asupra faptului că la animalele noastre domestice, prin folosire, anumite părți s-au întărit și s-au mărit, în timp ce, prin nefolosire, alte părți s-au micșorat; de asemenea, nu încape îndoială că astfel de modificări se transmit ereditar. În natură [...] multe animale au structuri care pot fi cel mai bine explicate prin efectele nefolosirii.[40]

E practic un rezumat al legii pentru care Lamarck este atât de bine cunoscut. În prefața ediției din 1882 a *Descendenței omului*, Darwin spune:

> Profit de această ocazie pentru a observa că deseori criticii mei presupun că atribui toate modificările structurii corporale și capacității mintale exclusiv selecției naturale [...], pe când, chiar în prima ediție a *Originii speciilor*, am afirmat limpede că trebuie atribuită o mare importanță efectelor moștenite ale folosirii și nefolosirii.[41]

Promovarea

Spre deosebire de *Philosophie zoologique* a lui Lamarck, *Originea speciilor* este scurtă și mai accesibilă. În plus, deși subminează modelul creaționist, la fel cum făcuse Lamarck, Darwin se ferește să ofenseze instituțiile creștine, folosind sub titlu un citat din Bacon:

> Nu-i este permis nimănui [...] să susțină că omul poate cerceta fără măsură sau că poate cunoaște prea mult din cartea cuvântului lui Dumnezeu ori din cartea lucrărilor lui Dumnezeu, din religie sau din filozofie.[i]

Iar cartea se încheie cu o aluzie la una dintre relatările despre creație din Geneză:

> Există o măreție în perspectiva aceasta asupra vieții, cu numeroasele ei forțe, însuflețite inițial de Creator în câteva forme sau numai într-una singură.[42]

Și totuși în autobiografia sa postumă, care cuprinde pasajele referitoare la religie îndepărtate de soția sa, Darwin spune:

> Până în acel moment [ianuarie 1839, cu 33 de ani înainte de ediția definitivă a *Originii speciilor*] ajunsesem treptat la concluzia că Vechiul Testament, printr-o istorie a lumii vădit falsă [...], nu e mai demn de încredere decât cărțile sacre ale hindușilor sau credințele oricărui barbar.[43]

Darwin și-a folosit poziția de membru al Societăților Regală, Linneană și Geologică pentru a cultiva relații de prietenie cu membri influenți ai lumii științifice. Numeroasele sale scrisori prin care solicită susținere pentru *Originea speciilor* pot fi un adevărat model de urmat pentru lobbiști: măgulire ce uneori frizează servilismul, afecțiune, autodepreciere, anxietate și critici ale propriei munci, scuzată frecvent prin apelul la probleme de sănătate.[44] Aceste scrisori s-au dovedit foarte eficiente, după cum se plângea unul dintre oponenții săi, John Grey, custodele colecției zoologice de la Muzeul Britanic:

> Nu ați făcut altceva decât să reproduceți doctrina lui Lamarck, iar în acest caz Lyell și alții l-au atacat timp de douăzeci de ani, dar pentru că *dumneavoastră* (cu o atitudine disprețuitoare însoțită de un zâmbet) spuneți exact același lucru, toți își schimbă părerea; e cea mai ridicolă inconsecvență.[45]

Aversiunea față de dispute și hotărârea încăpățânată de a merge într-o direcție sau alta i-au fost de folos lui Darwin. Convingând personaje precum Lyell, Hooker sau tânărul și combativul anatomist Thomas Henry Huxley să-i susțină cauza în fața lumii științifice, în timp ce el rămânea în continuare departe de luptă, în refugiul rural de la Down House, din comitatul

[i]) F. Bacon, *Cele două cărți despre excelența și progresul cunoașterii divine și umane*, trad., note și comentarii de Dana Jalobeanu și Grigore Vida, Humanitas, București, 2012, pp. 72–73 (*n. red.*).

Kent, Darwin și-a promovat ideile fără a avea parte de soarta fostului său mentor. Robert Grant a fost demis din poziția pe care o deținea la Societatea Zoologică, pentru negarea materialistă a adevărurilor creștinismului, și a fost marginalizat de comunitatea științifică, care era predominant creștină, aproape întreaga perioadă în care a deținut o funcție prost plătită de profesor la University College London.[46]

După cum sugerează cuvintele fiului său citate sub titlul acestui capitol, Darwin merită fără îndoială recunoaștere pentru inițierea procesului ce a condus la adoptarea teoriilor evoluției biologice și selecției naturale de către lumea științifică.

Problemele ipotezei lui Darwin

Originea speciilor a devenit o carte populară, iar comunitatea științifică internațională a acceptat fenomenul evoluției biologice – descendența cu modificări – în următorii 20 de ani. Totuși acceptarea principalei cauze propuse de Darwin – selecția naturală – s-a petrecut după aproape 60 de ani. Au existat două cauze. În primul rând, deși Darwin a sugerat motivul pentru care registrul fosil nu susține gradualismul, o parte esențială a ipotezei sale, paleontologi de vârf, precum fostul său mentor, Adam Sedgwick, și Louis Agassiz, fondatorul și directorul Muzeului de Zoologie Comparată de la Harvard, susțineau că nu există nici un fel de dovezi fosile ale evoluției graduale. Chiar și T.H. Huxley era sceptic cu privire la gradualismul lui Darwin.[47] Cei mai mulți paleontologi de la finele secolului al XIX-lea și începutul secolului XX susțineau saltaționismul: probele geologice prezintă noi forme fosile care apar, rămân în esență neschimbate și apoi dispar, pentru a fi înlocuite de noi forme fosile; prin urmare, evoluția biologică s-ar petrece mai curând prin salturi decât în mod gradual.

În al doilea rând, potrivit perspectivei ortodoxe de la vremea respectivă, moștenirea constituie de fapt un amestec, adică urmașii prezintă o combinație a caracteristicilor părinților. Astfel, urmașul unui tată înalt și al unei mame scunde va avea o înălțime intermediară. Asta înseamnă că, excepție făcând cazul în care ambii părinți posedă o variație avantajoasă, numai jumătate din respectiva variație va fi transmisă fiecărui urmaș, care, la rândul său, va transmite numai câte o jumătate din jumătatea sa de variație. Astfel, variația s-ar dilua de-a lungul generațiilor și nu ar ajunge niciodată să domine specia.

Pentru a depăși această obiecție, Darwin a propus pangeneza, o idee formulată de vechii filozofi greci și dezvoltată de Buffon. În versiunea lui Darwin, gemulele sau germenii invizibili ce conțin informația ereditară a fiecărei părți a corpului se adună în organele reproducătoare și astfel transmit caracterele ereditare. Totuși, Galton nu a reușit să găsească aceste ge-

mule în sângele de iepure, așa încât comunitatea științifică a respins pe bună dreptate această idee. La fel cum Lamarck greșise în legătură cu generarea continuă a vieții din materia neînsufletită și în privința faptului că adaptările perturbă procesele de complexificare, Darwin explicase greșit felul în care trăsăturile avantajoase sunt moștenite și ajung astfel să schimbe populația aflată într-un anumit mediu înconjurător.

Darwinismul

Darwin a devenit un sfânt laic și, asemenea omologilor săi religioși, a fost mitologizat. Multe cărți publicate și emisiuni de televiziune difuzate în anul 2009 pentru a sărbători împlinirea a 150 de ani de la prima ediție a *Originii speciilor* au dat impresia că darwinismul sau perspectiva darwiniană asupra evoluției reprezintă o teorie fără ambiguități, la fel cum este, de pildă, teoria newtoniană a gravitației. În realitate însă, „darwinism" și „darwinian" înseamnă lucruri diferite pentru diferite persoane. Cred că e util să definim darwinismul așa cum îl înțelegea Charles Darwin, pentru a-l diferenția de modificările și extinderile ulterioare de tipul neodarwinismului și ultradarwinismului.

darwinism Ipoteza conform căreia toate speciile aceluiași gen au evoluat dintr-un strămoș comun. Principala cauză a acestei evoluții biologice este selecția naturală sau supraviețuirea celui mai adaptat, mecanism prin intermediul căruia descendenții ale căror variații le permit să fie mai bine adaptați pentru a concura cu alți membri ai speciei lor pentru supraviețuirea într-un mediu înconjurător dat vor trăi mai mult și vor produce mai mulți descendenți decât cei mai puțin adaptați. Aceste variații avantajoase sunt cumva moștenite și, după mai multe generații, vor ajunge să domine populația din acel mediu înconjurător, în timp ce posesorii variațiilor mai puțin avantajoase vor fi uciși, vor muri de foame sau vor dispărea. Selecția sexuală a trăsăturilor favorabile reproducerii și folosirea sau nefolosirea organelor sunt de asemenea moștenite și produc evoluție biologică.

ORTOGENEZA

Ortogeneza este un alt termen care înseamnă lucruri diferite pentru diferiți oameni. În linii mari, poate fi definită după cum urmează:

ortogeneză Ipoteza potrivit căreia evoluția biologică are o direcție cauzată de forțe intrinseci; printre versiunile sale se numără perspectiva conform căreia adaptarea joacă de asemenea un rol semnificativ în

evoluția speciilor, cea conform căreia adaptarea influențează numai variațiile din cadrul speciei și cea conform căreia această direcție demonstrează existența unui scop al evoluției biologice.

După cum am văzut, Erasmus Darwin și Jean-Baptiste Lamarck erau de părere că evoluția biologică se produce datorită unei tendințe intrinseci de creștere a complexității.

Zoologul și anatomistul german Theodor Eimer a folosit termenul „ortogeneză" în 1895 pentru a explica de ce în cadrul unor linii descendente diferite apar anumite secvențe evolutive asemănătoare. Eimer credea că evoluția neadaptativă a formelor asemănătoare e larg răspândită și că evoluția biologică urmează direcții predictibile în conformitate cu anumite legi naturale asemănătoare celor ce guvernează dezvoltarea organismelor individuale de la stadiul de embrion simplu la cel de adult complex.

Această retrogradare a selecției naturale darwiniene a fost adoptată de numeroși paleontologi, precum americanii Edward Cope și Alpheus Hyatt, pe baza dovezilor furnizate de fosile, care demonstrează că membrii succesivi ai unei serii evolutive se modifică în mod progresiv într-o singură direcție constantă, posedând caracteristici care nu au aproape nici o valoare adaptativă și care de multe ori chiar conduc la dispariția indivizilor. Unii dintre paleontologi au considerat că tendința intrinsecă de tip lamarckian și moștenirea caracteristicilor dobândite pot avea un rol cauzal.[48]

KROPOTKIN ȘI AJUTORUL RECIPROC

Piotr Kropotkin este cunoscut în Occident drept fiul unui prinț rus care a devenit anarhist și revoluționar. El a fost și om de știință, căruia, în 1871, i s-a oferit prestigiosul post de secretar al Societății Geografice Imperiale din Sankt Petersburg. A refuzat oferta, a renunțat la privilegiile pe care le avea și s-a dedicat aplicării principiilor învățate în urma observațiilor sale științifice pentru a reduce exploatarea și neajunsurile suferite de poporul rus sub conducerea țaristă. Arma sa nu era bomba, ci condeiul.

Observații esențiale

La vârsta de 20 de ani, Kropotkin a călătorit prin Siberia și prin nordul Manciuriei, dornic să fie martor la lupta pentru existență descrisă în *Originea speciilor*, care fusese publicată cu trei ani înainte și care îl impresionase profund. Totuși, ceea ce a descoperit pe teren l-a dus la concluzia că ipoteza evoluționistă a fost distorsionată mai ales de susținătorii lui Darwin.

În urma observațiilor detaliate asupra vieții animalelor și oamenilor, Kropotkin a întâlnit puține situații de competiție nemiloasă între membrii

aceleiași specii. În rândul populațiilor din zone izolate supuse unor condiții aspre, unde competiția pentru resurse limitate ar fi trebuit să fie cea mai feroce, Kropotkin a descoperit în schimb ajutorul reciproc „manifestat într-o asemenea măsură, încât m-a făcut să mă gândesc că ar reprezenta o trăsătură de cea mai mare importanță pentru menținerea vieții, conservarea fiecărei specii și evoluția sa viitoare“[49].

A observat de asemenea ajutorul reciproc în rândul țăranilor siberieni din comunitățile autonome, iar asta i-a întărit convingerea că un astfel de sistem de guvernare ar trebui să înlocuiască statul centralizat, pe care-l considera represiv și brutal.

Ajutorul reciproc

În 1883, în timpul uneia dintre perioadele în care a fost încarcerat, Kropotkin a citit o prelegere a profesorului Karl Kessler, zoolog respectat și decan al Universității din Sankt Petersburg. El susținea că ajutorul reciproc este un factor mai important decât competiția în evoluția speciilor. Acest lucru coincidea cu propriile sale observații, motiv pentru care, după eliberarea din închisoare, s-a mutat în Anglia pentru a continua această activitate. Și-a întemeiat cercetarea pe observațiile sale și ale altor naturaliști și antropologi, așa cum făcuse și Darwin.

În 1888, Thomas Huxley, principalul susținător al lui Darwin, avea să publice un eseu foarte influent, „The Struggle for Existence“ [„Lupta pentru existență“], în care susținea că viața e o „neîntreruptă luptă liberă“, în vreme ce competiția dintre indivizii aceleiași specii nu e o simplă lege a naturii, ci forța ce stimulează progresul.

> Lumea animală este, practic, ca un spectacol cu gladiatori. Creaturile sunt pregătite și gata de luptă; astfel încât cele mai puternice, mai rapide și mai șirete apucă să lupte și în ziua următoare. Spectatorul n-are nevoie să-și îndrepte degetul în jos, căci nu există acte de îndurare.[50]

Kropotkin a considerat că opiniile lui Huxley, a cărui experiență se baza pe anatomia comparată și pe paleontologie, nu erau susținute de observațiile de pe teren ale naturaliștilor și zoologilor. El i-a răspuns lui Huxley într-o serie de articole care au format baza unei cărți, *Mutual Aid: A Factor of Evolution* [„Ajutorul reciproc: un factor al evoluției“], publicată prima dată în Anglia în 1902, cu o ediție revizuită în 1904 și o ediție definitivă în 1914, pe care o folosesc aici.

În această carte, Kropotkin spune:

> Dacă ne referim la paragraful [din *Originea speciilor*] intitulat „Lupta pentru viață este cea mai înverșunată între indivizii și varietățile aceleiași

specii", nu găsim acolo acea abundență de dovezi și ilustrări pe care suntem obișnuiți să le găsim în tot ce scrie Darwin. Lupta dintre indivizi nu este expusă în această secțiune nici măcar printr-un exemplu.[51]

Kropotkin nu contesta teoria selecției naturale și nici nu nega că lupta pentru existență joacă un rol important în evoluția speciilor. Dar afirma fără echivoc că „viața este o luptă, iar în această luptă supraviețuiește cel mai bine adaptat"[52]. Dar nu e vorba despre o luptă competitivă între membrii aceleiași specii. *Ajutorul reciproc* se bazează pe o sumedenie de dovezi – furnizate de cercetările de teren axate pe insecte, păsări și mamifere care își cresc și își ocrotesc puii, se protejează între ele de pericole și obțin hrană pentru grup – care sprijină concluzia potrivit căreia „animalele ce obișnuiesc să se ajute reciproc sunt fără îndoială cel mai bine adaptate [să supraviețuiască și să evolueze]"[53i].

Fundamentele empirice

Din nenumăratele exemple referitoare la insecte, Kropotkin descrie furnicile și termitele care colaborează pe baza unei stricte diviziuni a muncii pentru a căuta hrană și a construi cuiburi elaborate cu grânare și creșe destinate creșterii insectelor tinere. Deși furnicile din specii diferite se angajează în războaie teribile unele cu altele, în sânul comunității ajutorul reciproc și foarte adesea sacrificiul personal pentru binele comun reprezintă regula. Dacă o furnică are multă hrană parțial digerată, dar refuză s-o regurgiteze și s-o împartă cu o furnică flămândă, va fi tratată ca un dușman. Colaborarea permite coloniei să reziste în fața altor insecte mai puternice, precum cărăbușii sau chiar viespile.

Albinele colaborează în mod asemănător. Kropotkin observă că în condiții de mari lipsuri sau de mare abundență unele albine preferă să fure decât să lucreze pentru binele comun, dar pe termen lung colaborarea se dovedește a fi mai avantajoasă pentru specie.

Astfel de colaborări se manifestă de regulă numai la nivelul stupului, cuibului sau coloniei de insecte, și nu la nivelul întregii specii, dar Kropotkin spune că a observat colonii de furnici alcătuite din peste două sute de cuiburi ce conțin două specii diferite, iar în unele savane din America de Sud există dealuri cu termitiere ce conțin două sau trei specii diferite, conectate între ele prin galerii și tunele subterane.

Multe specii de păsări manifestă un comportament social nu numai în timpul vânătorii sau migrației, când stolurile pot cuprinde și alte specii, dar și pentru plăcere. Uliii colaborează în timpul vânătorii și pot alunga de lângă prada lor o pasăre mai mare, precum vulturul marțial. Când se apro-

[i]) Voi discuta observațiile lui Kropotkin asupra societăților umane în partea a treia.

pie iarna, păsările care au trăit luni întregi în grupuri mici împrăştiate pe un teritoriu vast se adună cu miile în câte un loc anume, aşteptându-i timp de câteva zile şi pe cei întârziaţi. Aceste stoluri migrează într-o „direcţie bine stabilită“ către condiţii mai blânde şi mai bogate în hrană, specimenele cele mai puternice conducând cu schimbul deplasarea. Primăvara, se întorc în aceleaşi locuri şi apoi se împrăştie, ducându-se de obicei la aceleaşi cuiburi din anul precedent.

Cât despre activităţile plăcute, multe specii de păsări cântă la unison. Kropotkin citează un observator care povesteşte cum mai multe grupuri formate dintr-un total de 500 de potârnichi chukar aşezate în jurul unui lac încep să cânte pe rând câte trei-patru minute, astfel încât după ce un grup se opreşte îşi începe repertoriul următorul grup şi tot aşa până când cântecul înconjoară întregul lac.

Kropotkin considera că papagalii sunt cele mai sociabile şi mai inteligente păsări. De exemplu, papagalii cacadu din Australia trimit iscoade să caute câmpuri cultivate cu porumb. Când acestea se întorc, grupul zboară spre cel mai bogat câmp şi îşi pun santinele care să-i avertizeze de apropierea fermierilor, în timp ce restul grupului se hrăneşte cu porumb. Kropotkin pune longevitatea papagalilor pe seama vieţii lor sociale.

Nu te aştepţi să întâlneşti compasiunea într-o luptă nemiloasă pentru existenţă între membrii aceleiaşi specii, dar Kropotkin oferă câteva exemple, inclusiv cel al unui stol de pelicani care aduc hrană unui pelican orb de la o distanţă de cincizeci de kilometri.

Kropotkin menţionează observaţii similare despre cooperări chiar mai avansate între mamifere, cele mai multe dintre ele având relaţii sociale, de la cuiburi de rozătoare la turme de elefanţi şi de la cârduri de balene la trupe de maimuţe şi antropoide.

Veveriţele sunt cu precădere solitare, găsind şi depozitându-şi hrana în propriile cuiburi, dar păstrează legătura cu alte veveriţe, iar atunci când rezervele de hrană se termină migrează în grup. Bizamii din Canada trăiesc paşnic şi se joacă în comunităţi, locuind în adevărate sate cu case în formă de cupolă construite din lut îmbinat cu stuf şi cu zone separate destinate deşeurilor organice. Viscacha, un rozător asemănător iepurelui, trăieşte paşnic în vizuini ce adăpostesc între 10 şi 100 de indivizi. Colonii întregi se vizitează unele pe altele în cursul nopţii. Dacă un fermier distruge adăpostul unui astfel de animal, celelalte vin de la depărtare să sape şi să le scoată afară pe cele îngropate de vii.

Mamiferele colaborează pentru obţinerea hranei şi pentru protejarea celor mai slabi împotriva prădătorilor. Lupii vânează în haite, în timp ce unele specii de cai sălbatici, precum mustangii şi zebrele, formează un inel de armăsari în jurul grupului pentru a se proteja de atacul lupilor, urşilor şi leilor.

Când rezervele de hrană se termină, cetele împrăștiate de rumegătoare se adună la un loc pentru a forma o turmă de mari dimensiuni care va migra într-o altă regiune, în căutarea altor surse de hrană.

Acest tipar e tipic pentru toate speciile: colaborarea este mai puternică în cadrul familiei, în cadrul grupului și apoi în cadrul asocierii de grupuri fragmentate care se unesc pentru a răspunde unei nevoi comune.

Kropotkin spune că darwiniștii consideră inteligența drept cea mai puternică trăsătură pe care o posedă un individ în lupta pentru existență. El subliniază că inteligența se dezvoltă prin sociabilitate, comunicare, imitație și acumulare de experiență, toate acestea fiind absente la un animal nesociabil.

El consideră că evoluția e progresivă. În cadrul fiecărei clase, indivizii cei mai evoluați prezintă cea mai mare sociabilitate și cea mai mare inteligență: furnicile în rândul insectelor, papagalii în rândul păsărilor și maimuțele și antropoidele în rândul mamiferelor.

Pentru Kropotkin, principala luptă pentru existență nu este competiția pentru aceleași resurse între indivizii din aceeași specie datorită creșterii malthusiene a populației. Mai curând este lupta împotriva circumstanțelor în care se găsesc: un mediu înconjurător aflat în schimbare, surse limitate de hrană, clima aspră și prădătorii. Speciile favorizate de selecția naturală – cele ale căror membri supraviețuiesc și se reproduc cel mai mult – dezvoltă strategii pentru *a evita* competiția: își produc propria hrană, așa cum fac furnicile; depozitează hrana, așa cum fac veverițele; hibernează, așa cum fac multe rozătoare; își lărgesc habitatul; migrează temporar sau permanent într-un nou habitat; sau își schimbă regimul alimentar și obiceiurile, iar de-a lungul generațiilor se transformă în specii noi, mai bine adaptate la modificările mediului. Cele care nu adoptă astfel de strategii pierd în lupta pentru supraviețuire și dispar în mod natural, fără să fi fost ucise sau înfometate de competitorii malthusieni, așa cum propunea Darwin.

Kropotkin contestă astfel ideea că, între membrii aceleiași specii, competiția este singura sau principala cauză a evoluției și susține că ajutorul reciproc joacă un rol mai important.

SIMBIOGENEZA

În timp ce naturalistul rus Kropotkin studia comportamentul animal și își dezvolta ideile în Anglia, botanistul rus Konstantin Merejkovski studia lichenii și dezvolta în țara natală o ipoteză pe care a numit-o simbiogeneză, un proces evolutiv care începe cu simbioza.

Potrivit istoricului specializat în biologie Jan Sapp,[54] simbioza, ca modalitate de inovație evolutivă, fusese discutată încă de la sfârșitul secolului

al XIX-lea. Natura dual a lichenilor sub form de fungi şi alge, a bacteriilor ce fixează azotul în nodulii rădăcinilor de leguminoase, a fungilor din rădăcinile copacilor şi orhideelor şi a algelor ce trăiesc în interiorul corpului protistelor a arătat cât de intime pot să devină relaţiile fiziologice dintre organisme care nu sunt în mod direct înrudite, ducând uneori, ca în cazul lichenilor, la evoluţia unui organism cu totul nou.

Simbioza a fost definită în 1878 de către germanul Anton de Bary drept „convieţuire a unor organisme cu nume diferite", ceea ce ar putea duce la o transformare evolutivă saltaţionistă. Botanistul francez Andreas Schimper a introdus în 1883 termenul de „cloroplast", sugerând că plantele verzi au apărut în urma simbiozei. În 1893, specialistul japonez în biologie celulară Shosaburo Watase, care lucra în SUA, a folosit acest concept pentru a explica originea tuturor celulelor cu nucleu. Potrivit ipotezei sale, acestea au fost formate de un grup de organisme mici, de origini diferite, care făceau schimburi reciproce de produşi metabolici în cadrul luptei pentru supravieţuire; simbioza a fost evidenţiată prin interdependenţa fiziologică profundă dintre nucleul celular şi citoplasmă.

În 1909, Merejkovski a formulat o teorie detaliată referitoare la originea nucleului celular şi a citoplasmei din două tipuri de organisme şi două tipuri de protoplasmă, care au fost cele mai timpurii forme de viaţă de pe Pământ. El a mai observat că cloroplastele din celule au apărut sub formă de alge albastru-verzi şi a inventat termenul „simbiogeneză" pentru a descrie procesul prin care două tipuri diferite de organisme simbiotice se unesc pentru a forma un nou organism mai complex. Merejkovski susţinea că simbiogeneza explică mai bine evoluţia biologică decât teoria lui Darwin.

Ideea că mitocondriile din celule au o origine simbiotică asemănătoare a apărut pentru prima dată în cercetările histologului german Richard Altmann de la sfârşitul secolului al XIX-lea. În cartea sa *Les Symbionts*, publicată în 1918, Paul Portier a dezvoltat conceptul de mitocondrie ca simbiont străvechi. În 1927, biologul american Ivan Wallin a lansat o perspectivă similară în *Symbiontism and the Origin of Species*, sugerând că mitocondriile dobândite reprezintă o sursă de gene noi. În opinia lui Wallin, evoluţia biologică e guvernată de trei principii: speciile sunt un rezultat al simbiozei; selecţia naturală guvernează supravieţuirea şi dispariţia lor; modelul de creştere a complexităţii are la bază un principiu necunoscut.

Astfel de idei au fost ignorate sau respinse de majoritatea biologilor care favorizau competiţia darwiniană în locul cooperării şi care credeau că simbiogeneza e lipsită de orice fundament empiric.

Ereditatea, o problemă care afecta ipoteza lui Darwin, a fost rezolvată în 1865 de călugărul augustinian Gregor Mendel. Studiul său fundamental, „Versuche über Pflanzen-Hybriden“ [„Experimente asupra hibridizării plantelor“], a fost publicat în anul următor în revista Societății de Istorie Naturală din Brno, punând bazele geneticii moderne.

Experimentele

Mendel nu era un simplu călugăr, după cum este adesea portretizat, ci, în tradiția mânăstirii din Brno, era de asemenea profesor și om de știință. Între 1856 și 1863, el a început să testeze teoria tradițională a eredității potrivit căreia caracteristicile fiecărui părinte se amestecă în urmași. A ales mazărea, care posedă câteva trăsături simple, cum ar fi înălțimea plantei sau culoarea și textura netedă sau zbârcită a boabelor.

A început prin a produce specimene pure, adică plante care întotdeauna produc numai boabe galbene și plante care produc numai boabe verzi. Apoi a încrucișat astfel de plante pure și a descoperit că, în prima generație, a obținut numai boabe galbene. Atunci când a încrucișat între ele plantele din această primă generație, a doua generație a produs plante cu boabe galbene și plante cu boabe verzi într-o proporție de trei la unu.

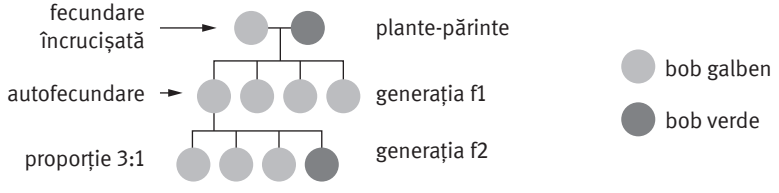


Figura 16.2 Rezultatul experimentelor lui Mendel cu plante de mazăre cu bob galben și bob verde.

Experimentele cu plante de mazăre ce posedă caractere diferite au dus la același rezultat. Mendel a ajuns astfel la concluzia că aceste caractere nu se amestecă, ci fiecare dintre ele e reprezentat de un factor (mai târziu numit genă) care se prezintă în forme alternative (mai târziu numite alele); în acest exemplu, o alelă produce culoarea galbenă, iar cealaltă producea culoarea verde a boabelor de mazăre. Alelele se prezintă în perechi; atunci când perechea conține alele diferite, una din ele e „dominantă“ (în acest caz alela care produce culoarea galbenă) și mascheaza efectul celeilalte, numită alelă „recesivă“ (în acest caz alela care produce culoarea verde). Numai atunci când sunt transmise două alele recesive planta manifestă caracterul determinat de ele.

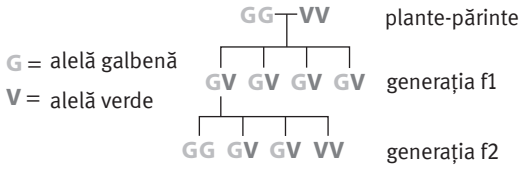


Figura 16.3 Explicarea experimentului lui Mendel cu mazăre galbenă și verde, alela dominantă fiind cea galbenă.

Legile lui Mendel

Pornind de la experimentele sale, Mendel a dedus legi ale eredității ce pot fi rezumate astfel:

1. Caracterele unui individ sunt determinate de factori ereditari (astăzi numiți gene) care se prezintă în perechi.
2. Fiecare pereche de gene se separă în timpul reproducerii în așa fel încât numai una din gene e transmisă de fiecare părinte descendenților săi.
3. Unele gene sunt dominante și pot masca efectul genelor recesive.
4. În cazul anumitor caractere nu există gene dominante.

Transmiterea genelor este pur aleatorie. Ca urmare a legilor lui Mendel, există posibilitatea ca noi combinații de gene să dea naștere unor noi combinații de caractere ce nu se regăsesc la nici unul din părinți. În plus, un caracter poate să nu se manifeste la un individ, dar poate să apară în generația următoare, deoarece a fost transmis nemodificat.

Acest lucru a rezolvat problema ipotezei lui Darwin, fiindcă demonstrează că genele răspunzătoare pentru caracterele avantajoase ale unui individ se transmit nemodificate și pot rămâne în cadrul unei populații care luptă pentru supraviețuire.

Darwin și majoritatea naturaliștilor din acea vreme nu au citit studiul lui Mendel, deși acesta a avut o prezentare favorabilă în *Encyclopædia Britannica* și a fost citat de câteva ori într-o lucrare despre încrucișarea plantelor scrisă în 1881 de botanistul Wilhelm Olbers Focke; și se pare că Darwin avea un exemplar al cărții lui Focke.

NEODARWINISMUL

Lucrarea lui Mendel a fost redescoperită în 1900 de trei botaniști care în urma unor cercetări separate au ajuns la aceleași concluzii.

În anii ’20 și ’30, statisticianul și geneticianul Ronald Fisher și geneticianul J.B.S. Haldane, din Anglia, și geneticianul american Sewall Wright au

dezvoltat în mod independent un fundament matematic al teoriei biologice aplicând tehnici statistice; această nouă subramură a biologiei a ajuns să fie cunoscută sub numele de genetică a populațiilor. Cadrul lor teoretic integra genetica mendeliană și ipoteza darwiniană, demonstrând matematic cum selecția naturală, care acționează cumulativ pe baza unor variații mici, ar putea să ducă treptat la modificări majore ale formei și funcției.

Wright a introdus și ideea de derivă genetică

> **derivă genetică** Variația frecvenței alelelor (perechi de gene) din cadrul unei populații mici care se petrece mai degrabă în urma unor evenimente întâmplătoare decât prin selecție naturală. Este posibil ca unele trăsături genetice din cadrul unei populații să se piardă sau, dimpotrivă, să devină larg răspândite indiferent dacă favorizează sau nu supraviețuirea sau reproducerea indivizilor acelei populații.

Totuși, lucrarea lor a avut un impact redus asupra biologilor, fiindcă era teoretică și folosea limbajul matematic; în plus, arăta doar cum pot apărea modificări în cadrul unei specii, nu și cum ar putea evolua o nouă specie.

Neodarwinismul[i] (cunoscut și ca „sinteză modernă") a fost dezvoltat la sfârșitul anilor '30 și începutul anilor '40 de geneticianul și zoologul experimentalist Theodosius Dobzhansky, în cartea sa din 1937 intitulată *Genetics and the Origin of Species*, de zoologul și specialistul în genetica populațiilor Ernst Mayr, în cartea sa din 1942 intitulată *Systematics and the Origin of Species*, de zoologul și susținătorul abordării matematice în genetică Julian Huxley, în cartea sa tot din 1942 intitulată *Evolution: The Modern Synthesis*, și de George Gaylord Simpson, americanul care, în cartea sa din 1944 intitulată *Tempo and Mode în Evolution*, a aplicat în paleontologie tehnica statistică din genetica populațiilor.

Scopul acestor cercetători a fost acela de a integra selecția naturală darwiniană, rezultată din competiție și descoperirile teoretice și experimentale din genetică, zoologie și paleontologie, pentru a produce o teorie cuprinzătoare cu privire la evoluția biologică. Protagoniștii evoluției nu au mai fost organismele individuale, ci populațiile. În cuvintele lui Dobzhansky: „Evoluția este o schimbare în compoziția genetică a populațiilor. Studiul mecanismelor evoluției se înscrie în zona geneticii populațiilor".

---

[i]) Mayr dorea să restrângă termenul „neodarwinism" la sensul său inițial, care în esență era darwinismul fără ideea moștenirii caracteristicilor dobândite, deosebindu-l astfel de „sinteza modernă". Totuși această distincție nu a fost adoptată la scară largă, „sinteza modernă" nefiind o sintagmă de la sine înțeleasă pentru nespecialiști. În plus, „neodarwinismul" ne permite operarea unei distincții în raport cu „ultradarwinismul", termen pe care îl voi defini mai jos.

neodarwinism Sinteza selecției naturale darwiniene cu genetica mendeliană și genetica populațiilor, în care variații genetice aleatorii sunt responsabile pentru caracterele care îi fac pe indivizii populației unei specii mai bine adaptați să concureze pentru resursele din mediul înconjurător, să supraviețuiască timp mai îndelungat și să producă un număr mai mare de descendenți. Aceste gene favorabile sunt astfel moștenite în proporție din ce în ce mai mare, astfel încât fondul comun de gene – totalul genelor unei populații – se schimbă treptat, timp de multe generații, până la apariția unor noi specii. Membrii populației cărora le lipsesc variațiile genetice responsabile pentru aceste caractere adaptative sunt uciși, mor prin înfometare sau dispar treptat sub presiunea mediului înconjurător.

BIOLOGIA MOLECULARĂ

În paralel cu aceste progrese din macrobiologie, realizate în urma redescoperirii cercetărilor lui Mendel, microbiologii au încercat să afle ce sunt genele și cum funcționează ca agenți ai caracterelor ereditare.

Studiul musculiței de oțet *Drosophila melanogaster* întreprins în 1914 de zoologul experimentalist Thomas H. Morgan și de colegii săi a arătat că genele sunt dispuse liniar pe cromozomi; mai mult, genele suferă uneori schimbări spontane și permanente, numite mutații, care au ca rezultat o schimbare a caracterelor ereditare, precum trecerea de la ochi albi la ochi roșii. Această descoperire i-a adus lui Morgan Premiul Nobel în 1933.[55] Biologii au adoptat ideea că mutația genei reprezintă cauza principală a variației caracterelor indivizilor.

Întrucât s-a demonstrat că cromozomii eucariotelor sunt alcătuiți din proteine și din acizi nucleici, de obicei ADN, existau trei posibilități: genele sunt alcătuite fie din ADN, fie din proteine, fie dintr-o combinație a celor două. Pentru a găsi varianta corectă cercetătorii trebuiau să demonstreze felul în care genele transmit informația ce determină caracterele descendenților și totodată felul în care construiesc celulele ce vor deveni un nou organism.

Cu privire la prima funcție, fizicianul Erwin Schrödinger a speculat în 1943 că genele își transportă informația ereditară într-un cod alcătuit dintr-un număr mic de entități repetitive, tot așa cum liniile și punctele din codul Morse transportă o cantitate enormă de informație.[56]

În anul următor, Oswald Avery, de la Rockefeller Institute Hospital, New York, și colegii săi Colin McLeod și Maclyn McCarty au demonstrat că agentul care face ca modificările produse într-o bacterie să se transmită generațiilor succesive este ADN-ul. Se înțelegea astfel că genele sunt alcătuite din ADN.

Cei mai mulți biologi au rămas sceptici, deoarece considerau că secvența de nucleotide din molecula de ADN nu are suficientă varietate pentru a transporta toată informația genetică, deci genele trebuie să fie alcătuite din proteine. Totuși, în 1952, Alfred D. Hershey și Martha Chase, de la Unitatea de Cercetare Genetică a Institutului Carnegie, Washington, au demonstrat că materialul ereditar responsabil pentru caracterele fundamentale ale virușilor ce atacă și ucid celulele bacteriene este ADN-ul. Această descoperire i-a făcut pe unii să considere că secvența bazelor catenei de polinucleotide a unei molecule de ADN ar putea să formeze codul presupus de Schrödinger.

Devenise clar că, pentru a putea arăta cum se autoreproduce ADN-ul pentru a transmite genele descendenților și cum determină acesta reacțiile biochimice pentru a sintetiza alcătuirea descendenților respectivi, era nevoie să se cunoască nu numai compoziția chimică a ADN-ului, ci și structura sa tridimensională. Această știință emergentă – care folosea cristalografia cu raze X pentru descoperirea arhitecturii moleculare în cadrul unei competiții destul de feroce având ca țintă demonstrarea funcționării ADN-ului genelor – a fost numită „biologie moleculară".

Competiția a fost câștigată în 1953 de tânărul genetician american James Watson, care obținuse titlul de doctor, și de ceva mai vârstnicul fizician englez Francis Crick, care nu-l obținuse încă. Lucrând în echipă, în laboratorul Cavendish de la Cambridge, Anglia, cei doi au folosit rezultatele difracției de raze X produse de doi fizicieni de la King's College, Londra, Maurice Wilkins și Rosalind Franklin, care ar fi trebuit să lucreze ca o echipă, ceea ce nu s-a întâmplat. Pornind de la aceste rezultate, Watson și Crick au construit un model tridimensional în cadrul căruia ADN-ul e reprezentat prin două catene helicoidale complementare răsucite una în jurul celeilalte și au speculat că cele două catene s-ar putea desface, acționând asemenea unor matrițe ce permit reproducerea propriei structuri. [57i]

Scurtul articol pe care l-au publicat în ediția din aprilie 1953 a revistei *Nature* și alte două materiale publicate de Wilkins și de Franklin, cărora li s-au adăugat apoi articole mult mai detaliate care le dezvoltau ideile, au deschis o nouă eră în biologia moleculară. În felul acesta, biologia următorilor 25 de ani a fost dominată de identificarea mecanismelor și confirmarea experimentală a descoperirii lui Watson și Crick.

Mutațiile spontane ale genelor observate de Morgan au fost explicate prin greșeli rare de copiere a matriței ADN-ului. Identificarea felului în care funcționează diferitele secvențe ale celor patru nucleotide ale ADN-ului conform modelului lui Schrödinger a durat mai mult. Dar și mai mult a

---

[i]) Vezi diagrama de la pagina 266.

durat determinarea detaliilor celei de-a doua funcții a ADN-ului: adică felul în care secvența sa de nucleotide conduce, prin intermediul moleculelor de ARN mesager, la construirea proteinelor și a altor elemente biochimice care alcătuiesc celulele din care sunt formate organismele.[i]

Dar speculațiile lui Watson și Crick au fost în cele din urmă demonstrate. A fost un triumf spectaculos al metodei reducționiste centrate pe gene, care acum domină biologia.

În 1958, Crick a formulat o supoziție-cheie pe care a reluat-o în 1970, numind-o „dogma centrală a biologiei moleculare": fiecare genă din molecula de ADN poartă informația necesară pentru a construi o proteină. Proteina respectivă, acționând ca o enzimă, controlează o reacție chimică din celulă, având astfel de-a face cu un proces unidirecțional: informația nu poate fi transferată de la o proteină la o altă proteină sau la acidul nucleic.[58] Cu alte cuvinte, informația nu poate circula dinspre mediu sau dinspre organism către ADN-ul sau ARN-ul celular.

PRINCIPII ALE BIOLOGIEI ORTODOXE

Aceste concluzii fundamentale din biologia moleculară au fost încorporate în neodarwinism pentru a da naștere perspectivei ortodoxe actuale.

În 2006, Jerry Coyne, care aparține școlii geneticii populațiilor și a zoologilor experimentaliști ce au pus bazele sintezei neodarwiniste, a rezumat teoria modernă a evoluției biologice. Principiile 1, 2, 3 și 5 rezultă din rezumatul lui Coyne[59], principiul 4 este explicat în alte publicații ale acestuia și ale altor neodarwiniști, în timp ce principiul 6 este un rezumat actualizat al dogmei centrale a biologiei moleculare, formulată de Crick. Deși nu toți biologii evoluționiști sunt de acord cu ele, aceste șase principii definesc paradigma[ii] la care subscriu majoritatea.

1. Speciile actuale sunt descendentele altor specii, care au trăit în trecut.
2. Noi forme de viață apar prin ramificarea unei singure linii de descendență în două, proces cunoscut sub numele de speciație, prin care membrii unei linii se izolează reproductiv de membrii celeilalte linii. Această separare continuă conduce la o genealogie ramificată a speciei, la un „arbore al vieții" ale cărui rădăcini sunt prima specie apărută și ale cărui ramuri vii sunt speciile actuale. Dacă parcurgem înapoi linia genealogică a mai multe specii moderne, ramurile acestora se vor întâlni într-un punct considerat strămoș comun.

---

[i]) Rezultatele, inclusiv rolul intermediar al ARN-ului mesager, sunt descrise la paginile 265–270.

[ii]) Vezi glosarul pentru definiția *paradigmei*.

3. O astfel de evoluție a noilor specii se petrece prin transformarea genetică graduală a indivizilor unei specii de-a lungul a mii de generații.
4. Această transformare rezultă din mutațiile genetice aleatorii suferite de indivizi, din amestecul de gene provenite de la fiecare părinte, fiecare descendent având astfel o combinație de gene diferită de cea a fiecăruia din părinți, și din răspândirea ulterioară a acestor mutații genetice din generație în generație în întregul fond genetic comun.
5. Acele mutații sau variații genetice aleatorii responsabile de caracteristicile ce permit indivizilor dintr-o populație să concureze cu succes pentru resurse într-un mediu înconjurător dat (și astfel să supraviețuiască timp mai îndelungat și să producă mai mulți descendenți) sunt favorizate de selecția naturală prin faptul că sunt moștenite în număr mai mare, în timp ce acei membri ai populației cărora le lipsesc respectivele mutații fie sunt uciși, fie mor de foame, fie dispar după câteva generații.
6. Într-o celulă, informația circulă unidirecțional de la genă la proteină.

CONSECINȚELE PARADIGMEI ACTUALE

Această paradigmă centrată pe genă, care presupune că selecția naturală e un rezultat al competiției, are patru consecințe principale pentru explicația științifică a evoluției vieții.

În primul rând, respinge sau ignoră alte cauze posibile ale evoluției, precum:

a. Selecția sexuală, pe care Darwin a susținut-o.
b. Moștenirea lamarckiană a caracteristicilor dobândite, pe care Darwin a acceptat-o.
c. Deriva genetică, considerată importantă de Sewall Wright în cazul populațiilor de mici dimensiuni.
d. Simbiogeneza – ipoteză dezvoltată de Merejkovski, Wallin și alții, potrivit căreia fuziunea unor tipuri diferite de organisme ce trăiesc laolaltă în vederea obținerii unui beneficiu metabolic reciproc – furnizează o explicație mai bună pentru inovațiile biologice și pentru evoluție decât competiția și selecția naturală graduală formulate de Darwin.
e. Cooperarea, pe care Kropotkin a dedus-o pornind de la observațiile făcute pe teren asupra animalelor și a considerat-o o cauză mult mai importantă a evoluției decât competiția.
f. Ortogeneza, în sensul de evoluție biologică ce progresează în direcția creșterii complexității cauzate de o lege naturală sau o tendință in-

trinsecă, care a fost susținută de paleontologul și vizionarul iezuit francez Teilhard de Chardin în lucrarea sa postumă *Le Phénomène Humain* (1955). Interesant e că, dintre cei patru arhitecți ai neodarwinismului de la sfârșitul anilor '30 și începutul anilor '40, Julian Huxley a scris o introducere la ediția engleză din 1959 în care susținea cea mai mare parte a ideilor lui Teilhard, mai puțin încercarea de a armoniza totul cu perspectiva creștină, în timp ce Theodosius Dobzhansky a fost unul dintre membrii fondatori ai Asociației Americane Teilhard de Chardin și președintele ei între 1968 și 1971.

În al doilea rând, metoda reducționistă centrată pe gene a condus la opinia, promovată de Carl Woese, conform căreia analiza genetică este singura metodă corectă de cartografiere a evoluției speciilor: diferențele moleculare ale genelor presupus conservate ce aparțin unor specii diferite reprezintă relațiile lor evolutive din arborele genealogic al descendenței dintr-un strămoș comun.[i] După cum spune însuși Woese, „secvențele moleculare pot dezvălui relațiile evolutive la un nivel pe care criteriile clasice fenotipice [caractere observabile] și chiar funcțiile moleculare nu îl pot atinge"[60].

În al treilea rând, a produs o ipoteză centrată pe genă care spune că gena individuală, și nu organismul, reprezintă unitatea selecției naturale.

În al patrulea rând, atunci când, în anii '70, s-a descoperit că 98% din genomul uman nu e alcătuit din gene, definite drept secvențe ADN ce codifică proteine, specialiștii au început să se refere la așa-numitul „ADN deșeu", care pare o explicație îndrăzneață, dacă nu arogantă, a marii majorități a ADN-ului, care nu corespunde modelului.

În capitolele următoare voi analiza în ce măsură paradigma biologică ortodoxă și cele patru consecințe ale sale își păstrează validitatea.

---

[i]) Vezi pagina 260.

CAPITOLUL 17

Dovezile evoluției biologice 1: fosilele

> Voi renunța la credința mea în evoluție dacă cineva va găsi o fosilă de iepure din precambrian. — Atribuit lui J.B.S. Haldane

Combinarea fenomenului evoluției biologice doar cu una dintre posibilele sale cauze poate conduce la denaturarea inconștientă a anumitor date și interpretări ale dovezilor. Voi încerca să evit o astfel de situație examinând doar fenomenul și căutând să văd dacă există sau nu vreun tipar al probelor. În capitolele următoare voi evalua în ce măsură modelul ortodox neodarwinian, împreună cu ipotezele care îl modifică sau îl contestă, explică existența unui astfel de tipar.

În acest capitol, voi examina dovezile fosile, iar în capitolul următor, dovezile furnizate de speciile actuale. Deoarece toate dovezile se referă la specii, este necesar mai întâi să clarificăm ce înseamnă acest termen.

SPECIA

Se estimează că numărul de specii eucariote actuale variază de la cinci la treizeci de milioane[1], dintre care au fost descrise aproximativ două milioane.[2]

Au fost descrise doar în jur de 4.500 de specii procariote (bacterii și arhee)[3], dar se estimează că numărul total al celor cuprinse numai în crusta cu o grosime de un kilometru a Pământului variază între 10^8 și 10^{17} (de la o sută de milioane la o sută de biliarde)[4]. Nu există estimări ale speciilor de procariote din alte locuri, dar pentru a ne face o idee despre importanța lor în biosferă, se consideră că numărul total de celule procariote din oceanul deschis este de aproximativ 10^{29} (o sută de sextilioane), cel puțin dublu față de numărul celor aflate în sol și de cincizeci de ori mai mare față de totalul celor aflate în adâncurile oceanice și terestre.[5]

Aceste estimări atât de discrepante se datorează în parte dezacordurilor cu privire la definiția speciei. După cum remarcă Nick Isaac, de la Societatea Zoologică din Londra, „există aproape la fel de multe idei despre specie câți biologi dispuși să le discute“[6].

Asemenea lui Darwin, unii biologi au susținut că specia e un concept arbitrar. Lepidopterologul Jim Mallet, de la University College London, ale

cărui cercetări sunt orientate asupra speciației, susține că „astăzi «realitatea» esențialistă a speciei contrazice puternic felul în care înțelegem speciația graduală și în general nu mai e acceptată“[7]. Și mai departe spune că „studiile genetice recente [...] susțin existența unui continuum darwinian între varietăți și specii“[8].

Biologii evoluționiști Jerry Coyne și H. Allen Orr au contrazis această poziție în volumul *Speciation* (2004), unde discută în detaliu cercetările din acest domeniu.

După cum spunea Ernst Mayr, unul dintre arhitecții modelului neodarwinian:

> Așa-numita „problemă a speciilor“ poate fi redusă la o simplă alegere între două alternative: speciile sunt realități din natură sau sunt simple constructe ale minții omenești?[9]

Având în vedere că ființa umană diferă în mod clar de șoarece, de carasul auriu, de bacteria *E. coli* sau de stejar, există nevoia practică, separată de orice necesitate ontologică, de a defini lucrurile la care se referă oamenii de știință. O astfel de nevoie a condus la dezvoltarea taxonomiei: clasificarea ierarhică a organismelor în grupuri în funcție de caracteristicile pe care le au în comun, pornind de la cele mai generale și ajungând până la cele mai particulare.

Indiferent de perspectivele lor diferite cu privire la acest concept, cei mai mulți oameni de știință folosesc termenul specie – și nu un taxon inferior speciei, precum varietatea, sau taxoni superiori speciei, precum gen, ordin, clasă sau încrengătură – pentru a descrie organismele și relațiile lor cu celelalte organisme. Dar felul în care taxonomiștii, sistematicienii, naturaliștii, bacteriologii, botaniștii, zoologii, entomologii, biologii evoluționiști, specialiștii în biologie moleculară, geneticienii, ecologii și alți specialiști definesc specia diferă foarte mult, deoarece nu există un acord cu privire la caracteristicile definitorii ale acestei categorii.

Când defineau specia, arhitecții neodarwinismului considerau că varianta taxonomică tradițională a morfologiei – structura și forma – este inadecvată, deoarece multe specii diferă foarte puțin morfologic, în timp ce alte specii prezintă o gamă largă de morfologii. Pe de altă parte, în cazul tuturor speciilor, masculul și femela diferă de regulă în privința dimensiunii și formei (adesea și în privința culorii), tot așa cum diferă tinerii de adulți și chiar unii adulți între ei în funcție de resursele de hrană.

Pentru acești neodarwiniști, caracterul-cheie este capacitatea membrilor unei populații de a schimba gene între ei: fluxul genetic din cadrul unei populații definește o specie și o deosebește de o altă populație cu care nu are schimb de gene, iar fluxul genetic se realizează prin intermediul

împerecherii ce are ca rezultat urmași fertili. Ernst Mayr a cristalizat în 1940 „conceptul de specie biologică", pe care l-a definit aproape fără nici o schimbare cincizeci de ani mai târziu drept „grupuri de populații naturale care se împerechează în mod real sau potențial între ele și care sunt izolate reproductiv de alte grupuri de acest fel"[10].

Pornind de la ideea că selecția naturală a caracterelor populației unei specii dintr-un anumit mediu înconjurător reprezintă cauza evoluției biologice, neodarwiniștii consideră că izolarea geografică este principala cale de speciație. Populațiile sunt scindate în două fie prin migrarea uneia dintre părți, fie prin apariția unor bariere geografice între diferite părți ale populației, așa cum s-a întâmplat în urmă cu 3 milioane de ani, atunci când istmul Panama s-a închis și a separat organismele marine care populau coastele Pacificului și Atlanticului. Fondul genetic comun al fiecăreia dintre aceste populații izolate geografic s-a schimbat de-a lungul generațiilor în condițiile în care selecția naturală a favorizat membrii mai bine adaptați la mediul înconjurător din care făceau parte. În cele din urmă, membrii populațiilor scindate nu mai sunt capabili să schimbe gene între ei, chiar dacă se întâmplă să se întâlnească. Aceasta este denumită speciație alopatrică, spre deosebire de cea simpatrică, situație în care o populație se fragmentează în două sau mai multe specii care ocupă același teritoriu.

Conceptul neodarwinian de specie biologică a fost larg acceptat ca dogmă până în anii '80, când botaniștii au început să-l conteste pe baza faptului că nu se aplică în cazul multor plante.

Coyne și Orr, zoologi care cercetează speciația folosind musculița de oțet (*Drosophila melanogaster*) cu înmulțire rapidă, l-au urmat pe Mayr considerând că alopatria reprezintă principala cale către speciație. Ei au modificat ușor definiția lui Mayr recunoscând că speciația darwiniană este un proces de lungă durată și că există stadii intermediare în care nu este posibil să faci diferențiere clară între specii. Conceptul actualizat de ei, care a devenit dogmă, fără a fi însă unanim acceptat, definește specia biologică drept „grupuri de populații care se încrucișează între ele și care manifestă o izolare reproductivă substanțială, dar nu neapărat completă, în raport cu alte astfel de populații"[11].

Coyne și Orr separă izolarea în două categorii: cea a precopulației și cea a postcopulației. Precopulația presupune:

a. Bariere ecologice, atunci când populațiile ocupă sau se reproduc în habitate diferite.
b. Bariere temporale, când populațiile se împerechează în momente diferite din zi sau din an.

c. Bariere comportamentale, când membrii unei populații aleg dacă și cu cine se împerechează, comportament cunoscut și sub numele de împerechere selectivă.
d. Bariere mecanice, atunci când diferențe morfologice sau fiziologice împiedică împerecherea.

Izolarea de tip postcopulație presupune faptul că rezultatul împerecherii nu este viabil (avort sau fetuși născuți morți), este steril (precum catârul rezultat din împerecherea dintre un cal și un măgar) sau este mai slab adaptat decât fiecare din părinți pentru a supraviețui și a se reproduce, astfel încât urmașii lui dispar.

Această definiție ortodoxă a speciei pune totuși patru probleme principale.

1. *Verificabilitatea*
   Dacă principala cale către speciație este separarea geografică a unor părți dintr-o populație, întrucât cele două părți sunt izolate una de cealaltă, nu putem observa dacă membrii uneia din părți ar putea sau nu să se împerecheze cu membrii celeilalte părți. Rarele excepții se petrec atunci când membrii unei părți a populației migrează înapoi în teritoriul celeilalte părți.
2. *Reproducerea asexuată*
   Definiția în discuție se sprijină pe reproducerea sexuată, dar cele mai multe specii se reproduc asexuat. Una dintre aceste metode este partenogeneza, numită uneori nașterea din fecioară.

> **partenogeneză** Dezvoltarea unui ovul într-un descendent fără fertilizarea ovulului de către un mascul.

Multe nevertebrate, precum insectele, produc urmași în acest fel. De exemplu rotiferii din clasa *Bdelloidea*, nevertebrate microscopice care trăiesc în mediul acvatic, sunt numai femele și totuși se reproduc și au ajuns până la 300 de specii cunoscute. Cele mai multe animale care se reproduc partenogenetic au și reproducere sexuată. Acestea includ albinele și furnicile plus unele vertebrate, precum specii de șerpi, pești, amfibieni, reptile și păsări, dar nu și mamifere. Este un fenomen mai rar la plante, unde dezvoltarea partenogenetică naturală apare la trandafiri și la portocali.

O altă modalitate de reproducere asexuată este fisiunea binară.

> **fisiune binară** Divizarea unei celule în două, astfel încât fiecare celulă produsă este identică cu celula inițială, ajungând de obicei la aceeași dimensiune cu aceasta.

Cea mai mare parte a speciilor de pe planetă – care sunt bacterii și arhee – se reproduc în acest fel.

Coyne și Orr susțin că reproducerea bacteriană se potrivește cu definiția lor, deoarece genele sunt schimbate între bacterii printr-un proces cunoscut drept transfer orizontal sau lateral de gene, care „poate genera un transfer rar de gene și recombinații". Pe de altă parte, Millennium Ecosystem Assessment spune că:

> Conceptele de specie bazate pe fluxul genetic și pe limitele sale, cum este conceptul de specie biologică, nu se aplică taxonilor cu reproducere asexuată. De asemenea, ele sunt neadecvate în cazul taxonilor „pansexuali", cum sunt unele bacterii, la care fluxul genetic poate fi împărtășit chiar și de specii foarte diferite.[12]

3. *Hibridizarea reușită*
   Conform definiției neodarwiniene curente, împerecherea membrilor a două specii diferite are drept consecință apariția unor urmași neviabili, infertili sau atât de puțin adaptați să supraviețuiască și să se reproducă încât urmașii lor vor dispărea.

   Totuși, 25% dintre plantele vasculare (care includ toate plantele cu flori) din Anglia, 16% dintre fluturii din Europa, 9% dintre toate speciile cunoscute de păsări și 6% dintre toate mamiferele – inclusiv căprioarele – din Europa se pot hibridiza cu succes, producând urmași fertili.[13]
4. *Hibridizarea poliploidă*
   Nu numai că numeroase plante se pot hibridiza cu succes, dar acest proces poate genera o nouă specie aproape imediat, și nu pe parcursul a mii de generații. În capitolul următor voi discuta acest tip particular de hibridizare, cunoscută sub numele de poliploidie, în cadrul căreia hibridul și urmașii săi nu se pot împerechea cu membrii speciei parentale.

Coyne și Orr au numărat cel puțin 25 de definiții alternative ale speciei folosite astăzi. Totuși, fiecare dintre ele are cel puțin la fel de multe probleme precum definiția ortodoxă actuală.

Sunt astfel nevoit să conchid că, trecând în revistă dovezile în favoarea evoluției biologice, nu putem decât să acceptăm definițiile speciei (și caracterele folosite pentru clasificarea unui individ dintr-o specie dată) adoptate de specialiștii relevanți. Această soluție prezintă însă unele neconcordanțe semnificative. De exemplu, caracterele folosite pentru clasificarea speciilor de furnici sunt foarte diferite de cele folosite pentru clasificarea fluturilor. Ogarii irlandezi, ai căror umeri ating o înălțime de 90 cm, sunt clasificați în

aceeași specie (*Canis lupus familiaris*) cu chihuahua, care ating 15 cm, în timp ce pescărușul cu cap negru (*Larus melanocephalus*), la care adultul are o lungime medie de 39 cm, este clasificat ca o specie diferită față de pescărușul sur (*Larus canus*), la care adultul atinge 41 cm, e puțin mai lung, cu picioarele mai roșiatice și are capul negru numai în perioada de vară. Dacă ar fi existat numai ca forme fosile, cei doi pescăruși ar fi fost imposibil de diferențiat, iar cei doi câini ar fi fost clasificați în specii diferite.

FOSILELE

Registrul fosil a crescut enorm de la Darwin încoace, mai ales în ultimii treizeci de ani. Cu toate astea, există două probleme majore atunci când evaluăm fosile pentru a înțelege evoluția biologică.

Sărăcia registrului fosil

Aceleași motive geologice și fiziologice enumerate în capitolul 14 cu privire la lipsa fosilelor celor mai timpurii forme de viață[i] se aplică tuturor formelor de viață. În plus, mișcările tectonice și eroziunile au distrus multe fosile ale speciilor timpurii din straturile mai vechi de sol.

Richard Leakey și Roger Lewin au estimat că, din cele aproximativ 30 de miliarde care au trăit în ultimele 600 de milioane de ani, doar aproximativ 250.000 de specii eucariote s-au conservat ca fosile.[14] Această estimare ne dă de înțeles că numai una din 120.000 de specii eucariote s-a fosilizat; și nu e luat în considerare numărul mult mai mare de specii procariote.

Aceste fosile nu sunt reprezentative. Părțile dure ale organismelor, precum dinții și oasele, au șanse mult mai mari de fosilizare decât părțile moi. Aproximativ 95% din registrul fosil conține resturi ale unor ființe care au trăit în mediul acvatic, în special în mări puțin adânci.[15]

Interpretarea

Chiar și în cazurile rare în care s-au găsit fosile complete ale unui organism, nu lipsesc problemele de interpretare. De exemplu, după studierea fosilelor din șisturile Burgess, datate în perioada cambriană, Simon Conway Morris a interpretat în 1977 o fosilă lungă de 25 mm ca rămășiță a unui animal ce se deplasa pe fundul mării cu ajutorul unor picioare țepoase, unduind pe spatele corpului șapte tentacule, după cum se vede în figura 17.1. Era un exemplar unic, iar Conway Morris l-a clasificat drept o nouă specie, *Hallucigenia sparsa*, una dintre acele specii care au apărut dintr-odată în cambrian și apoi nu au mai fost întâlnite.

[i]) Vezi pagina 255.

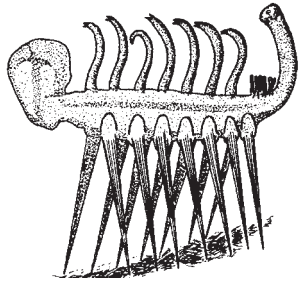


Figura 17.1 Prima reconstrucție a fosilei *Hallucinogenia sparsa*.

Potrivit unei alte interpretări, *Hallucinogenia* era un apendice al unui animal mai mare, necunoscut. Apoi, în 1991, Lars Ramsköld și Hou Xianguang, examinând specimenele găsite în Chengjiang, China, au conchis că reconstrucția lui Conway Morris este cu susul în jos; de fapt, *Hallucinogenia* se deplasa cu ajutorul unor perechi de tentacule și se proteja cu o platoșă de spini, așa cum se vede în Figura 17.2.

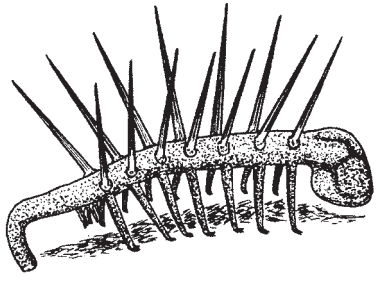


Figura 17.2 A doua reconstrucție a fosilei *Hallucinogenia sparsa*.

Hallucinogenia a fost reclasificată în încrengătura *Onychophora*, transformându-se astfel într-un strămoș îndepărtat al unor animale asemănătoare omizilor care trăiesc astăzi în pădurile tropicale, iar nu într-o specie separată.[16] Această interpretare a fost acceptată de Conway Morris și de cei mai mulți paleontologi, deși nu au putut cădea de acord cu privire la locul ocupat de cap sau de coadă.

În mod obișnuit, fosilele cuprind doar fragmente de os sau de dinți, astfel încât problemele de interpretare, reconstrucție și clasificare sunt cu atât mai mari.

Toate acestea justifică legea interpretării datelor sugerată în capitolul 6 în urma revendicărilor unor cosmologi. De exemplu, în 2006, paleontologul Jorn Hurum a convins Muzeul de Istorie Naturală din Oslo să-i plă-

tească un milion de dolari pentru o fosilă mică pe care nu o studiase în detaliu. Doi ani mai târziu, sir David Attenborough, decanul prezentatorilor de televiziune specializați în istorie naturală, a anunțat agențiile de știri adunate în prezența primarului Michael Bloomberg și a unor panouri publicitare ce făceau reclamă unei cărți și unui documentar cu titlul *The Link*, că veriga lipsă nu mai lipsește. Hurum, care clasificase fosila excepțional de bine conservată și veche de 47 de milioane de ani drept *Darwinius masillae*, a explicat că aceasta este „prima verigă ce precedă toți oamenii". La care adăuga cu modestie că „imaginea acesteia va apărea în toate manualele în următoarea sută de ani".

După mai puțin de cinci luni, Erik Seiffert, de la Universitatea Stony Brook din New York, care a condus un studiu publicat în *Nature* despre o fosilă asemănătoare, dar cu zece milioane de ani mai recentă, avea să spună că „analizele noastre nu susțin afirmația că *Darwinius* este o verigă din genealogia primatelor superioare"[17].

Cel puțin *Darwinius* nu e un fals, dar fraudele trec adesea neobservate, din cauza problemelor de interpretare. De la omul din Piltdown, dezgropat în 1912 și a cărui origine falsificată a fost descoperită abia după 40 de ani, au fost scoase la iveală o mulțime de alte fraude. Una dintre cele mai recente și mai ample a fost falsificarea sistematică a datării fosilelor comisă timp de 30 de ani de Reiner Protsch, la vremea respectivă un distins antropolog, înainte de a fi forțat, în 2005, să se retragă de la Universitatea din Frankfurt. Arheologul Thomas Terberger, care a descoperit frauda, observa că:

> Antropologia urmează să sufere o revizuire completă a teoriei sale despre omul modern care a trăit cu 40.000 până la 10.000 de ani în urmă. Cercetările profesorului Protsch păreau să dovedească că neanderthalienii și oamenii moderni din punct de vedere anatomic au coexistat și chiar au avut copii împreună. Acest lucru pare acum o prostie.[18]

Dovezi genetice mai recente, discutate în partea a treia, sugerează că unii neanderthalieni s-au împerecheat cu unii oameni timpurii, dar acest lucru nu validează datele false oferite de Protsch.

Registrul fosil

Având în vedere aceste probleme, figura 17.3 schițează prin intermediul unui ceas – și pe baza capitolelor 12 și 14 și a unor studii citate mai târziu în această secțiune – cele mai bune estimări actuale ale scării temporale a registrului fosil.

Figura arată în ansamblu că, dacă ceasul pornește de la ora 0, adică din momentul formării Pământului, în urmă cu aproximativ 4,5 miliarde de ani, presupusul bombardament cu asteroizi sau comete din ultima parte a erei hadeene s-a terminat la ora 3:12 (adică în urmă cu 3,9 miliarde de ani).

Deși nu vom ști niciodată cu precizie când a apărut viața din materia neînsuflețită de pe suprafața Pământului, estimările cel mai puțin disputate indică prezența celor mai vechi microbi fosili la ora 5:20 (acum 3,5 miliarde de ani). Astfel de microbi, în special bacterii și arhee, au fost singurele forme de viață timp de aproximativ 3 miliarde de ani; animalele au apărut abia în jurul orei 20:32 (cu 0,65 miliarde de ani în urmă), în timp ce omul a apărut cu 29 de secunde înainte de miezul nopții.

Analizele chimice și radiometrice ale rocilor indică faptul că, în cea mai mare parte a istoriei Pământului, exista foarte puțin oxigen în oceane, în ape puțin adânci sau în atmosferă (vezi tabelul 17.1).

Corelațiile cu registrul fosil sugerează că primii microbi au fost extremofilele care se menținеau în viață prin ingestia de substanțe chimice, probabil compuși de sulf și hidrogen, rezultate din descompunerea apei. Până la urmă, strămoșii cianobacteriilor au ajuns prin intermediul evoluției să folosească lumina solară drept sursă de energie. Vestul Australiei are unul dintre cele mai continue și bine studiate depozite de stromatolite, structuri laminare alcătuite mai ales din cianobacterii, care domină registrul fosil de acum două miliarde până la un miliard de ani.[19]

Unele cianobacterii excretau oxigen într-un proces de eliminare a deșeurilor metabolice. În timp ce oxigenul era otrăvitor pentru bacteriile timpurii (anaerobe), unele specii s-au adaptat și au început să folosească oxigenul pentru propriul metabolism (bacteriile aerobe).

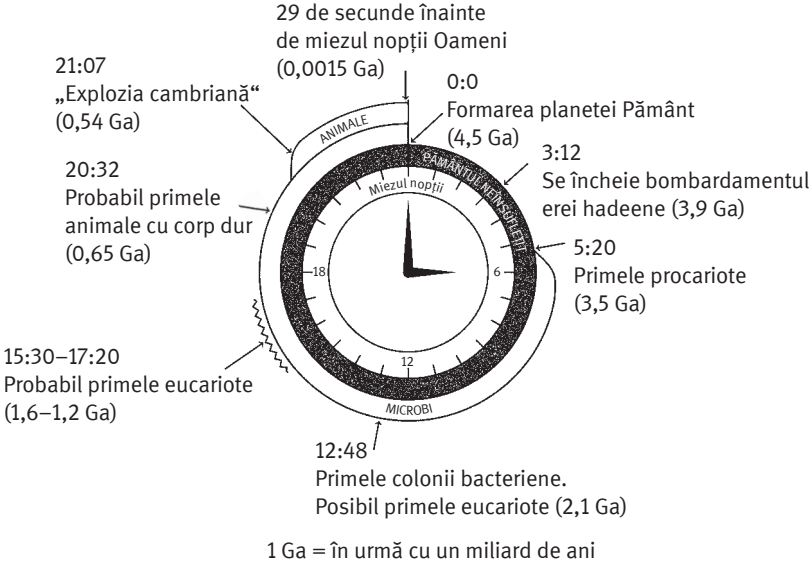


Figura 17.3 Evoluția formelor de viață pornind de la registrul fosil reprezentată sub forma unui ceas de 24 de ore.

Tabelul 17.1 Oxigenarea oceanelor și atmosferei.

Perioada (miliarde de ani în urmă)	Oxigenul în oceanele adânci	Oxigenul în oceanele puțin adânci	Oxigenul în atmosferă (presiunea atmosferică)
3,85–2,45	Absent	Posibil mici pungi	absent
2,45–1,85	Absent	Ușor oxigenat	0,02–0,04
1,85–0,85	Ușor oxigenat	Ușor oxigenat	0,02–0,04
0,85–0,54	În general absent	Creșterea oxigenării până la un nivel asemănător cu cel al atmosferei	Crește la 0,2
0,54 până în prezent	Oxigenarea variază considerabil	Oxigenat	Crește la 0,3 și apoi scade până la valoarea actuală de 0,2

Sursa: Heinrich D. Holland, „The Oxygenation of the Atmosphere and Oceans", *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, nr. 361/1470, 2006, pp. 903–915.

Cea mai veche fosilă de eucariotă – o celulă nucleată care conține organite, inclusiv mitocondrii, și care folosește oxigen pentru a genera energie pentru celulă – a fost descoperită sub formă de peliculă fină de carbon în roci vechi de 2,1 miliarde de ani situate în Empire Mine, din apropiere de Marquette, Michigan. Este posibil să fi fost vorba de o colonie de bacterii, dar dimensiunile sale de peste un centimetru și forma tubulară sugerează că ar fi vorba mai curând de *Grypania spiralis*, o algă eucariotă.[20]

În 2010, o echipă interdisciplinară condusă de Abderrazak El Albani, de la Universitatea din Poitiers, a anunțat descoperirea a peste 250 de fosile bine conservate în șisturi negre vechi de 2,1 milioane de ani (situate în sud-estul Gabonului), pe care le-au considerat urme de viață pluricelulară. Datele bazate pe izotopi de sulf și de carbon indică faptul că aceste structuri cu dimensiuni de până la 12 cm erau biogene, iar tiparele de creștere deduse din morfologia fosilelor sugerează existența semnalizării între celule și a răspunsurilor coordonate, asociate de regulă cu organizarea pluricelulară. În plus, analizele speciației fierului sugerează că organismele foloseau probabil oxigen pentru a respira. Ca și în cazul pretinsei *Grypania spiralis*, datarea fosilelor coincide cu începuturile oxigenării oceanelor puțin adânci și atmosferei (vezi tabelul 17.1). Cercetătorii nu exclud posibilitatea ca aceste fosile să reprezinte cele mai vechi eucariote pluricelulare.[21] Totuși, așa cum au arătat Philip Donoghue și Jonathan Antcliffe, de la Departamentul de Științe ale Pământului al Universității din Bristol, fără alte dovezi suplimentare acestea trebuie considerate colonii bacteriene.[22]

Mult mai larg acceptată drept cea mai veche formă de viață eucariotă este marea populație de microfosile sferice conservate în șisturile de pe coasta

marină a grupului Ruyang din nordul Chinei, numite *Shuiyousphaeridium macroreticulatum*. Este vorba, practic, despre un organism unicelular cu o vechime situată între 1,6 și 1,26 miliarde ani.[23]

În vreme ce nivelul oxigenului din oceane și din atmosferă a rămas scăzut vreme de aproape 3 miliarde de ani, în urmă cu 0,85–0,54 miliarde de ani oxigenarea oceanelor puțin adânci a crescut semnificativ, iar atmosfera a atins nivelul actual de 20% concentrație de oxigen, probabil datorită răspândirii rapide a cianobacteriilor care excretă oxigen. Acest episod este concordant cu apariția, în urmă cu aproximativ 600 de milioane de ani, a unor animale marine simple care extrag oxigenul din apă pentru metabolismul lor, urmate de pești și apoi de animale terestre care metabolizează oxigenul atmosferic prin respirație.

În august 2010, geologul Adam Mallof și colegii săi de la Universitatea Princeton au susținut că au descoperit cele mai vechi exemplare de animale nevertebrate cu corpul tare. Ei au găsit sub un depozit glaciar din sudul Australiei fosile ce sugerează că în reciful de corali au trăit cu aproximativ 650 de milioane de ani în urmă niște animale asemănătoare unor spongieri primitivi. Dacă această descoperire se confirmă înseamnă că viața animală a existat înainte de transformarea Pământului într-un „bulgăre de zăpadă", eveniment cunoscut sub denumirea de glaciațiune marinoană, care a lăsat cea mai mare parte a planetei acoperită de gheață.[24]

În diferite locuri din întreaga lume s-au găsit amprente fosilizate în gresie ale mai multor tipuri de animale primitive cu corpul moale datând de acum aproape 600 de milioane de ani. Ele marchează apariția faunei ediacarane, după numele colinelor Ediacara din sudul Australiei, unde au fost descoperite în 1946.

Cele mai multe dintre ele au dispărut din registrul fosil de acum 542 de milioane de ani, cu toate că descoperiri mai recente indică faptul că organismele ediacarane au existat în continuare în perioada cambriană. Pe lângă organisme care nu seamănă cu nici unul dintre cele existente astăzi, amprentele sugerează prezența unor cnidari asemănători cu meduzele, lichenii, coralii moi, anemonele marine și viermii anelizi de astăzi, dar nu e încă cert dacă aceștia sunt strămoși ai speciilor actuale.[25]

Paleontologii au numit perioada geologică timpurie a cambrianului, cu o vechime de 545 milioane de ani, explozie cambriană, fiindcă e marcată de apariția bruscă a unei mari varietăți de membri ai regnului animal ce au corp moale sau corp tare – eucariote pluricelulare care se hrănesc cu alte organisme și au nevoie de oxigen pentru a supraviețui –, urmată de o la fel de bruscă dispariție a celor mai multe dintre ele, la sfârșitul perioadei, cu aproximativ 485 de milioane de ani în urmă. Totuși, având în vedere că straturile din ultimele zece procente din istoria Pământului au fost datate în primul rând prin conținutul lor fosil, ne confruntăm cu un argument

circular. Descoperiri mai recente, la care se adaugă datarea radiometrică a straturilor de roci, sugerează că multe specii și genealogii au apărut înainte sau au dispărut după acest interval de timp.

Fosilele de tranziție

Creaționiștii susțin că absența fosilelor de tranziție de la o specie la alta contrazice teoria evoluției biologice.

Richard Dawkins susține, ca răspuns, că „aproape fiecare fosilă descoperită poate fi considerată o formă intermediară între ceva și altceva". Amintindu-ne de observația lui Haldane citată la începutul acestui capitol, Dawkins susține că nimic din registrul fosil nu falsifică evoluția biologică.[26]

Bacteriile, cu excepția celor care au evoluat în eucariote, păstrează în esență același plan corporal relativ simplu de peste 3 miliarde de ani. În cazul animalelor însă prima apariție din registrul fosil a unei specii mai complexe nu a fost niciodată datată mai devreme de apariția speciilor mai puțin complexe. Totuși, mă aventurez să sugerez că ideea potrivit căreia fiecare fosilă reprezintă o etapă intermediară între ceva și altceva prezintă situația în termeni mult prea simpliști.

Ca răspuns la afirmațiile creaționiștilor, biologii evoluționiști invocă de obicei sărăcia inerentă a registrului fosil și folosesc un argument avansat chiar de Darwin: organismele tranziționale care sunt mai puțin adaptate la mediu decât strămoșii pierd în lupta pentru supraviețuire și reproducere și astfel dispar rapid la nivelul timpului geologic; de aici rezultă că există o și mai mică probabilitate de a găsi fosile ale organismelor de tranziție decât ale celor care s-au adaptat cu succes.

Există însă unele serii de fosile care susțin evoluția biologică. Familia calului prezintă un registru fosil relativ bogat care se întinde de la *Hyracotherium*, un mamifer de dimensiuni apropiate de cele ale unei vulpi, cu degete separate și dentiție adaptată pentru hrănirea de tip omnivor, care datează de acum aproximativ 50 de milioane de ani, până la singura specie care a supraviețuit astăzi, *Equus*, calul cu picioare lungi, cu un singur deget și cu dentiția adaptată pentru păscut. Figura 17.4 ilustrează modificările anatomice apărute în timp la această linie descendentă.

Diagrama nu reprezintă o singură succesiune liniară. S-au găsit fosile ale multor altor ecvidee, sugerând existența unui arbore evolutiv cu mai multe ramuri din care a supraviețuit o singură linie descendentă ce ajunge până la calul modern.

Tranzițiile anatomice sunt concordante cu ipoteza potrivit căreia un mamifer de mici dimensiuni s-a adaptat pentru deplasarea pe solul moale și umed al pădurilor primitive și, având o alimentație bazată pe frunze fragede și fructe, a evoluat în măsura în care pădurile au fost înlocuite de savană; în

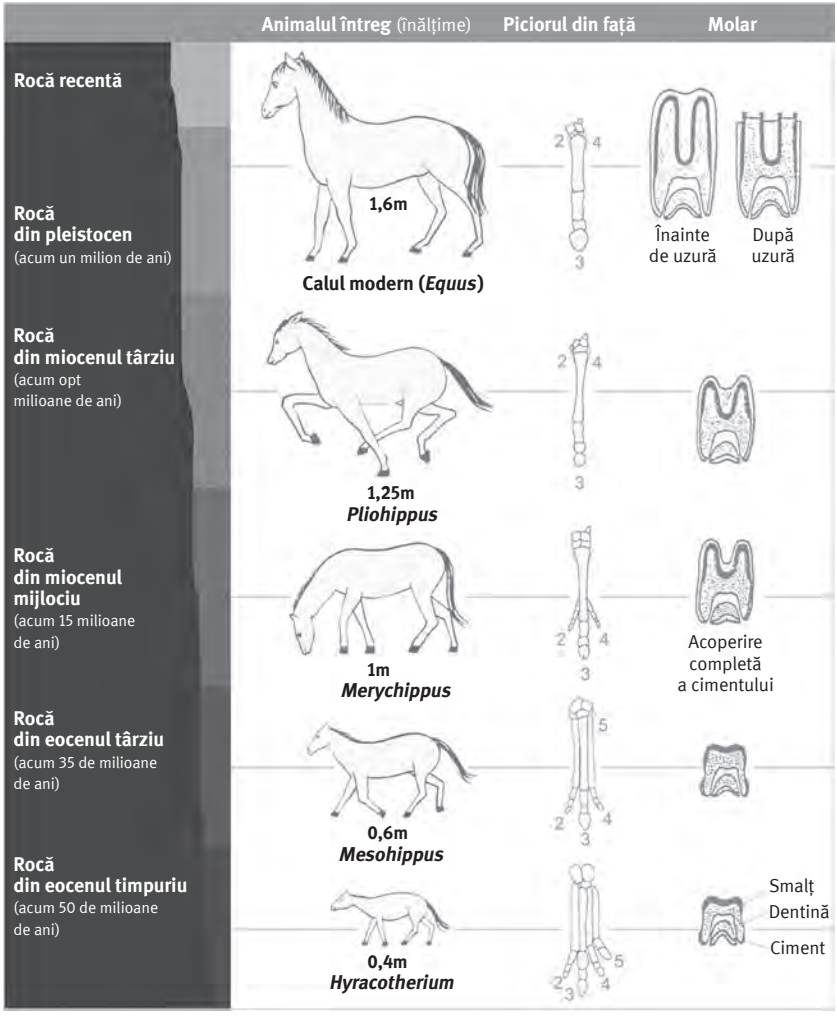


Figura 17.4 Evoluția calului pornind de la registrul fosil.

acest caz, numai varietățile cele mai rapide au putut scăpa de prădători, ceea ce a condus la alungirea picioarelor, dezvoltarea unui singur deget pentru o viteză mai mare și o dentiție mai bine adaptată păscutului.

Balenele reprezintă un alt argument în favoarea evoluției biologice. Asemenea tuturor celorlalte mamifere, ele respiră aer și își hrănesc puii cu lapte. Cu toate astea, nu ies niciodată din mediul acvatic, urechile sunt închise, au înotătoare în loc de picioare și posedă un metabolism care reține oxigenul nu sub formă de gaz, ci sub formă de compus chimic, oferindu-le posibilitatea unora dintre ele să se scufunde până la adâncimi de aproape

1.500 de metri și să stea sub apă aproximativ două ore; unele dintre ele, precum balena albastră, sunt masive și pot cântări până la 150 de tone.

Potrivit paleontologului și anatomistului Hans Thewissen, de la Northeastern Ohio Universities College of Medicine, una dintre autoritățile științifice în materie de apariție a adaptărilor acvatice la balene, cei mai vechi strămoși cunoscuți ai acestora aparțin familiei *Pakicetidae* (balene pakistaneze), ale cărei genuri sunt *Pakicetus*, *Ichthyolestes* și *Nalacetus*. Thewissen și echipa sa au mers pe urmele unei descoperiri anterioare și au găsit mai multe oase fosilizate în Pakistan și în nord-vestul Indiei, despre care se crede că se aflau aproape de vechea mare Tethys înainte ca placa indiană să se ciocnească de coasta cimeriană pentru a produce cele mai înalte vârfuri muntoase din lume.

Exemplarele de *Pakicetidae* au fost găsite la un loc, deci au aceeași vârstă. Deoarece datarea rocilor este problematică, Thewissen a estimat că aceste fosile au o vechime de 50 ± 2 milioane de ani, dar „cu o precizie redusă“[27].

Figura 17.5 ilustrează oasele de *Pakicetus* și *Ichthyolestes*, în timp ce Figura 17.6 prezintă o reconstrucție a lui *Pakicetus*, de dimensiuni asemănătoare cu cele ale unui lup.

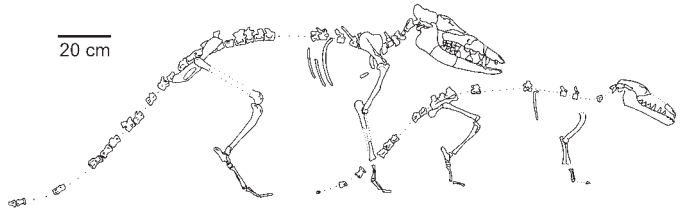


Figura 17.5 Oase de *Pakicetus* (animal de talie mare) și *Ichthyolestes* (animal de talie mică). Scara indică dimensiunea scheletelor, arătând că *Pakicetus* era aproximativ de talia unui lup.

Figura 17.6 Reconstrucția unui *Pakicetus*.

Aceste animale trăiau pe uscat, însă Thewissen susține că prezintă trăsături neîmpărtășite cu alte mamifere, ci doar cu cetaceele actuale și arhaice (balene, delfini și marsuini): o reducere a suprafeței de sfărâmare la nivelul dinților, o creștere a vitezei de închidere a fălcilor și o formă a regiunii postorbitale și temporale a craniului care le influența auzul și văzul. Thewissen e de părere că aceste mamifere copitate au trecut la o dietă bazată pe pradă acvatică atunci când au început să traverseze curenți de mică adâncime. Au evoluat rapid. Întreaga tranziție de la pakicetidae la mamiferele marine a durat mai puțin de 8 milioane de ani, trecând prin următoarele etape: ambulocetide (balene umblătoare), care semănau cu un crocodil mamifer lung de trei metri și ale căror fosile au fost descoperite în ceea ce se consideră că a fost un teren mlăștinos, protocetide cu picioare mult reduse, basilosauride cu corp enorm ca de șarpe și cu înotătoare caudală asemănătoare cu cea a balenelor, și dorudontide, care seamănă cu delfinii.[28]

Interpretarea oaselor fosilizate și reconstrucția unui exemplar pornind de la acestea, speculațiile în legătură cu felul în care au funcționat aceste animale, deducțiile la care s-a ajuns pornind de la analizele ADN calibrate prin folosirea ceasurilor moleculare și datarea straturilor de roci pe baza conținutului lor în fosile nu vor putea niciodată să reprezinte dovezi incontestabile. Totuși, dovezile sunt concordante cu ipoteza evoluției de la mamifere copitate de talie mică la balenele acvatice imense. Sunt de asemenea concordante cu mamiferele actuale, adaptate în grade diferite atât la viața terestră, cât și la cea marină, precum vidrele, vidrele marine și focile.

Alte fosile considerate tranziționale includ descoperirile din anii '90, în special din formația Yixian din China, cu o vechime de 150-120 de milioane de ani, a peste douăzeci de genuri de dinozauri fosili cu pene.[29] De atunci s-au mai descoperit mulți alți dinozauri cu pene, mai mari, inclusiv o specie găsită în 2012 și numită *Yutyrannus huali*, măsurând 7-8 m lungime și având în jur de 1.400 de kilograme. În plus, secvențele de aminoacizi din colagenul extras din rămășițele unui *Tyrannosaurus rex* descoperit mai recent seamănă cu cele ale găinilor actuale. Toate aceste dovezi sunt concordante cu ipoteza evoluției păsărilor din dinozaurii reptilieni.

În sfârșit, nu numai că explicațiile creaționiste alternative ale registrului fosil sunt lipsite de dovezi falsificabile, ele sunt totodată neconcordante cu dovezile pe care le avem; ca să nu mai vorbim de faptul că sunt lipsite de coerență internă.[i]

Extincția speciilor

Abundența în straturile de roci mai timpurii a fosilelor unor specii pe care nu le mai întâlnim în straturi mai târzii ne dă de înțeles că acestea au dispă-

[i]) Vezi pagina 34.

rut. Estimarea proporției tuturor speciilor care au existat vreodată și care au dispărut oscilează între 99%[30] și 99,9%.[31]

Totuși, așa cum am văzut la începutul acestui capitol, nu există un consens cu privire la semnificația termenului specie. În plus, nimeni nu știe cât de multe specii există astăzi, nici măcar de departe. Este o sfidare a logicii să evaluezi atât de precis, pornind de la un registru fosil sărăcăcios, numărul de specii existente acum trei miliarde, un miliard, 100 de milioane, 10 milioane sau chiar 10.000 de ani, oricât de sofisticate ar fi modelele matematice folosite. Tot ce putem afirma în mod rezonabil este că majoritatea speciilor au dispărut.

În plus, biologii evoluționiști fac deosebire între:

extincție terminală Specia încetează să mai existe fără a lăsa nici un descendent evoluat.

Și:

extincție filetică sau pseudoextincție Specia evoluează în una sau mai multe specii noi; prima specie a dispărut, dar linia evolutivă continuă.

Consensul științific este că majoritatea extincțiilor speciilor observate în registrul fosil și toate cele observate astăzi sunt terminale.

Extincția speciilor individuale

Potrivit modelului neodarwinian, extincția speciilor individuale poate să fie filetică sau terminală. Prima se produce atunci când populația unei specii dintr-o nișă ecologică evoluează foarte gradual prin acumularea unor mutații genetice aleatorii care codifică trăsături ce le permit membrilor săi să concureze mai eficient pentru supraviețuire și reproducere în respectiva nișă sau într-o altă nișă, până acolo încât populația se transformă într-o nouă specie.

Extincția terminală se petrece atunci când membrii unei specii invadează întregul teritoriu al altei specii și o extermină sau sunt mai bine adaptați în exploatarea surselor de hrană, forțând membrii speciei invadate fie să moară de foame, fie să devină atât de slăbiți încât se vor reproduce mai puțin și în consecință vor dispărea de-a lungul generațiilor, sau se petrece atunci când o modificare majoră a condițiilor de mediu se manifestă atât de rapid încât specia nu reușește să se adapteze.

Extincția în masă a speciilor

Potrivit perspectivei paleontologiei ortodoxe, Pământul a trecut prin cel puțin zece extincții în masă în cadrul cărora un mare număr de specii au dispărut într-o perioadă scurtă din punct de vedere geologic. Tabelul 17.2

prezintă perioadele celor cinci extincții majore în masă că ar fi avut loc în ultimii 500 de milioane de ani.

Tabelul 17.2 Marile extincții în masă identificate de paleontologie.

Extincție	**Când (acum x milioane de ani)**	**Specii dispărute**
Ordovician–silurian	440	Toate animalele și plantele de atunci trăiau în ocean și au dispărut peste 85% dintre specii, inclusiv multe familii de nevertebrate marine ce aparțineau unor grupuri precum brahiopodele, echinodermele și trilobiții.
Devonianul târziu	360	Se estimează că au dispărut aproximativ 82% dintre toate speciile, inclusiv animalele care trăiau atunci pe uscat și în mări. Cea mai mare extincție a afectat animalele marine, printre care cefalopodele și peștii placodermi.
Permian–triasic	250	Cea mai mare extincție în masă din istoria Pământului, cu dispariția a 95% dintre speciile marine și a 70% dintre cele terestre, inclusiv 8 dintre cele 27 de ordine de insecte.
Triasic–jurasic	200	Au pierit 75% dintre toate speciile: majoritatea reptilelor marine, amfibienilor și reptilelor terestre, inclusiv diferite grupuri de archozauri, reptile avansate care cuprindeau dinozaurii; totuși, dinozaurii au supraviețuit.
Cretacic–terțiar (abreviat K–T, fiindcă C e folosit cu referire la cambrian)	65	Au dispărut până la 75% dintre genurile marine și până la 50% dintre toate plantele și animalele, inclusiv dinozaurii.

Surse: Muzeul American de Istorie Naturală; „Mass extinction", *The Columbia Electronic Encyclopedia*, ediția a șasea, accesat la 29 octombrie 2008; „Extinction (biology)", *Microsoft Encarta Online Encyclopedia* 2008, accesat la 29 octombrie 2008.

Aceste evenimente se produc la limita dintre două perioade geologice diferite, având în vedere că aceste perioade sunt definite în principal de conținutul lor în fosile.

Deși paleontologii sunt de acord că aceste extincții în masă au avut loc, cu excepția modificării drastice a condițiilor de mediu, nu există încă un consens cu privire la cauze. Printre numeroasele cauze propuse se numără: glaciațiuni periodice asociate cu scăderea concomitentă a nivelului oceanelor planetare, produse de modificări ale înclinării axei Pământului[i], o explozie letală de particule de energie înaltă cauzată de o erupție solară

[i]) Vezi pagina 233.

masivă care a copleşit magnetosfera protectoare a Pământului, radiaţia ionizantă din timpul pierderii temporare a magnetosferei protectoare din cauza inversării câmpului magnetic al Pământului[i], radioactivitatea letală produsă de o supernovă, activitate tectonică, răcire globală produsă de erupţii vulcanice masive care au acoperit cerul cu nori, blocând lumina solară, încălzirea globală produsă prin erupţii vulcanice masive care au generat un efect de seră, răcirea globală produsă prin impactul unui meteorit masiv care a generat nori, blocând lumina solară, şi/sau a generat erupţii vulcanice masive, otrăvirea globală a animalelor şi plantelor dependente de oxigenul produs de bacterii şi arhee care au dominat Pământul în decursul primelor 3 miliarde de ani de viaţă şi aşa mai departe. Unele dintre aceste explicaţii se contrazic între ele, şi nu există suficiente dovezi pentru a le confirma, ca să nu mai vorbim de favorizarea uneia în detrimentul alteia.

Extincţia din cretacic-terţiar (K–T) este cea mai recentă, pentru ea existând cele mai multe dovezi. Muzeele şi cărţile de ştiinţă pentru publicul larg prezintă de multe ori drept o informaţie ştiinţifică confirmată faptul că planeta noastră a fost lovită de un asteroid masiv ce a şters de pe faţa pământului dinozaurii şi multe alte specii, din cauză că a provocat incendii globale, cutremure şi un nor de praf bogat în acid sulfuric care a blocat lumina solară timp de mai multe luni, ceea ce a dus la o răcire globală, ploi acide şi distrugerea lanţurilor trofice. Potrivit cercetătorului Walter Alvarez, coautor al ipotezei impactului, această extincţie în masă s-a petrecut într-o perioadă scurtă de unul până la zece ani.[32] Mulţi oameni de ştiinţă au pus sub semnul întrebării această explicaţie, dar agenţiile de ştiri specializate în ştiinţă au anunţat în 2010 că lucrurile s-au lămurit[33]: un grup interdisciplinar de specialişti au revizuit cercetările din ultimii douăzeci de ani şi au ajuns la concluzia că impactul unui asteroid masiv în Peninsula Yucatán, Mexic, a provocat cu adevărat extincţia în masă.[34]

Totuşi, geofizicienii Vincent Courtillot şi Frédéric Fluteau i-au acuzat pe aceşti specialişti că au comis „o eroare substanţială şi o interpretare greşită a articolului nostru“[35]. Geologul Gerta Keller, de la Princeton, şi alţii i-au acuzat că au fost

> părtinitori cu datele şi interpretările susţinătorilor acestui punct de vedere. Ei au ignorat o mulţime de dovezi ce nu susţin concluziile lor, dovezi acumulate de oameni de ştiinţă din diferite discipline (paleontologie, stratigrafie, sedimentologie, geochimie, geofizică şi vulcanologie) care documentează un scenariu pe termen lung ce implică combinaţii ale impacturilor, vulcanismului şi schimbării climatice.[36]

[i]) Vezi pagina 213.

Biologul evoluționist J. David Archibald și alți 22 de specialiști au subliniat că grupul „nu avea în componența sa cercetători din domeniul vertebratelor terestre“ și că „scenariul simplist al extincției prezentat în articol a fost contrazis de nenumăratele studii despre viața vertebratelor și a altor organisme terestre și marine de la sfârșitul cretacicului“.[37]

Dacă motivul extincției în masă din K–T este discutabil, ce se poate spune despre fenomenul în sine? Există foarte puține specimene fosile din cele aproximativ o mie de specii de dinozauri care ar fi existat și nu a fost examinată decât o singură zonă (cuprinsă între Alberta, Canada și nord-vestul Statelor Unite) în care se găsește tranziție sedimentară cu resturi de dinozauri situată în limitele K–T. Urmele fosile lăsate de dinozauri în zona ce corespunde cretacicului târziu prezintă un declin gradual al diversității, cu o scădere de la treizeci la șapte genuri în ultimele 8 milioane de ani ai cretacicului, ceea ce sugerează o extincție mult mai lentă. În plus, dacă dinozaurii au fost eliminați brusc de un cataclism, de ce au rămas neafectate celelalte reptile, precum crocodilii, șopârlele, șerpii și broaștele țestoase?

Registrul fosil conține foarte multe organisme marine, dar o imagine detaliată a perioadei ce corespunde limitelor K–T ne oferă foraminiferele planctonice și nanoplanctonul calcaros, a căror dispariție s-a petrecut în decursul unei lungi perioade de timp care a început cu mult înainte și s-a terminat cu mult după aceste limite. Brahiopodele au avut multe pierderi în K–T, dar, deși același lucru se afirmă și despre amoniți, există mult prea puține secțiuni care să conțină amoniți pentru a arăta dacă dispariția lor a fost treptată sau abruptă.[38]

Dacă nici până acum nu avem certitudini cu privire la natura cauzei extincției în masă din K–T, cât de multă încredere putem acorda detaliilor prezentate cu referire la extincțiile în masă care au avut loc anterior?

Staza și speciația bruscă

După cum am văzut în capitolul precedent, unul dintre motivele pentru care comunitatea științifică a întârziat acceptarea ipotezei darwiniene a selecției naturale a fost gradualismul său implicit. Acest gradualism nu era susținut de registrul fosil ce arăta specii pe deplin formate care rămâneau neschimbate până când dispăreau. Dovada era concordantă cu saltaționismul, ipoteza potrivit căreia evoluția biologică s-a produs în salturi.

Adoptarea neodarwinismului de către biologi în anii ’40 a consolidat totuși argumentele teoretice ale geneticienilor populației în favoarea evoluției bazate pe gradualismul darwinian și a influențat interpretarea registrului fosil.

Totuși, în 1972, într-un capitol intitulat[39] „Punctuated Equilibria: An Alternative to Phyletic Gradualism“ [„Echilibrul punctat: o alternativă la

gradualismul filetic"], Niles Eldredge și Stephen Jay Gould au contestat fundamentul empiric al explicației neodarwiniene. Acest lucru a provocat confruntări adesea caustice care continuă și astăzi. Iată cum a rezumat ulterior Gould concluzia la care a ajuns:

> Istoria celor mai multe specii fosile include două trăsături complet nepotrivite cu gradualismul: (1) *Staza.* Cele mai multe specii nu prezintă modificări direcționale în decursul existenței lor pe Pământ. Ele apar și dispar din registrul fosil având aproape aceeași înfățișare; modificarea morfologică este de obicei limitată și fără vreo direcție. (2) *Apariția bruscă.* În oricare arie locală, o specie nu apare în mod gradual prin transformarea progresivă a strămoșilor săi, ci dintr-odată și „pe deplin formată".[40]

Voi examina ipoteza echilibrului punctat într-un alt capitol. Aici vreau să văd ce ne indică probele fosile.

Neodarwiniștii își bazează modelul pe studiul întreprins în 1987 de geologul Peter Sheldon pe 3.458 specimene de trilobiți (grup dispărut de artropode marine, rude îndepărtate ale crabilor-potcoavă și ale insectelor) care provin din diferite straturi de rocă sedimentară din Wales reprezentând o perioadă de aproximativ 3 milioane de ani. O caracteristică ce diferențiază speciile este numărul de „coaste" pigidiale (segmente fuzionate ale cozii). Sheldon a descoperit că la opt genuri de trilobiți numărul mediu de coaste pigidiale a crescut în timp. El a conchis că, datorită acestei schimbări graduale, care uneori se dovedea reversibilă, era imposibil să atribui cele mai multe exemplare unei anumite specii linneene. Deoarece taxonomiștii includ o gamă largă de forme morfologice într-o singură specie, stabilirea apartenenței la taxoni linneeni ar fi putut fi cu ușurință interpretată greșit drept o dovadă de transformare punctată și stază.[41]

Eldredge prezintă totuși o interpretare diferită a datelor lui Sheldon. În primul rând, el susține că lipsa coastelor nu dovedește că trilobitul și-a pierdut segmentarea cozii; mai curând, aceste segmente nu sunt vizibile la suprafața cozii, la fel cum se întâmplă cu maturizarea larvelor crabilor-potcoavă de astăzi, care seamănă mai mult cu un trilobit. În al doilea rând, în două filiații de trilobiți numărul de coaste pigidiale oscilează mai curând decât să crească în mod gradual, în timp ce la alte trei filiații numărul de coaste rămâne constant în câteva straturi diferite, crește apoi semnificativ și se stabilizează, ceea ce se potrivește cu migrarea în același strat a altor grupuri înrudite, dar diferite de trilobiți. În al treilea rând, astfel de „variații anatomice minore precum numărul de coaste – multe dintre ele neconducând într-o direcție cumulativă – nu pot explica diferențe anatomice mult mai substanțiale ce pot fi observate între grupurile strâns înrudite"[42].

Acest punct de vedere este susținut de paleobiologul Alan Cheetham, de la Muzeul de Istorie Naturală al Institutului Smithsonian. În 1986, Cheetham a întreprins un studiu pe genul *Metrarabdotus*, specie de nevertebrate acvatice sesile ale căror fosile au fost descoperite în straturi de roci depozitate de acum 11 până la 4 milioane de ani. Unele specii există și astăzi și sunt comparabile morfologic. Cheetham a măsurat până la 46 de caractere morfologice pentru fiecare specimen dintr-un total de aproximativ 1.000 de exemplare din 100 de populații. A ajuns la concluzia că cele mai multe specii nu s-au modificat de-a lungul unor perioade de câteva milioane de ani, iar cele mai multe specii noi au apărut brusc, fără populații intermediare tranziționale; în cazul în care au existat, formele intermediare trebuie să fi durat în medie mai puțin de 160.000 de ani. În cel puțin șapte dintre cazuri, speciile-părinte au existat în continuare și după ce au dat naștere altor specii. Toate acestea ar susține modelul evoluției bazate pe echilibru punctat.[43] Ulterior, Cheetham a avertizat că nu e corect să se ia în considerare modificările unui singur caracter (așa cum a făcut Sheldon cu numărul de coaste pigidiale).[44]

Eldredge admite că speciile prezintă variații, dar spune că registrul fosil manifestă rareori transformări progresive într-o anumită direcție care să dureze foarte mult. Studiul lui Bruce Lieberman referitor la istoria evolutivă a două specii de moluște arhaice demonstrează că ambele specii s-au schimbat doar în mică măsură și după șase milioane de ani au ajuns să semene foarte mult cu felul în care arătau atunci când au apărut pentru prima oară în registrul fosil. Acest fenomen, în opinia lui Eldredge, este tipic: „Ceea ce vedem [...] sunt oscilații. Trăsăturile variabile par să se învârtă în jurul unei valori medii“[45].

El mai adaugă că modificările mărunte și progresive din cadrul unei specii ce pot fi observate în registrul fosil sunt prea lente pentru a explica marile modificări adaptative evolutive. Celor mai vechi forme de lilieci sau de balene le-au trebuit în jur de 55 de milioane de ani să ajungă la morfologia actuală. Dar dacă extrapolăm în sens invers această rată a modificărilor, liliecii și balenele ar fi trebuit să se separe de mamiferele terestre primitive cu mult înainte de apariția oricărui animal placentar.

Cât despre perspectiva actuală, în ediția din 2014 a *Encyclopædia Britannica Online* fostul președinte al Asociației Americane pentru Progresul Științei, Francisco José Ayala, favorizează argumentul ortodoxiei neodarwiniste:

> Registrul fosil arată că evoluția morfologică e în general un proces gradual. Modificările evolutive majore se datorează de obicei unei acumulări de modificări relativ mici ce se produc de-a lungul timpului [...]. Aparenta discontinuitate morfologică observată în registrul fosil este

> adesea atribuită de paleontologi unor intervale substanțiale de timp care lipsesc între diferitele straturi fosilifere. Se *presupune* că, dacă depozitele de fosile ar avea o continuitate mai mare, s-ar putea evidenția o tranziție mai graduală a formelor [sublinierea îmi aparține].[46]

Ayala, care s-a specializat în genetică moleculară, își sprijină demonstrația pe o supoziție. Eldredge, care este paleontolog, se opune categoric:

> Însuși Darwin [...] a prevăzut că generațiile viitoare de paleontologi vor completa aceste lacune prin cercetări laborioase [...], dar a devenit limpede că registrul fosil nu va confirma această parte a prezicerilor lui Darwin. Problema nu este că acest registru e extrem de sărăcăcios. Probele fosile pur și simplu ne arată că această predicție este greșită [...]. Observația că speciile sunt entități extrem de conservatoare și de statice pentru lungi perioade de timp are toate calitățile hainelor noi ale împăratului: toată lumea a știut asta, dar a preferat s-o ignore. Paleontologii, confruntându-se cu un registru recalcitrant ce refuză cu încăpățânare să susțină tiparul prezis de Darwin, pur și simplu au întors privirile în altă parte.[47]

Registrul fosil cuprinde, incontestabil, multe exemple de animale fosile care au rămas în linii mari neschimbate morfologic timp de mai multe milioane de ani. Bacteriile nu au suferit modificări morfologice semnificative de peste 3 miliarde de ani.

Ayala admite că:

> Formele fosile rămân adesea neschimbate în mai multe straturi geologice, fiecare reprezentând milioane de ani [...]. Exemple sunt acele filiații cunoscute drept „fosile vii" – de pildă, Lingula, un brahiopod (o încrengătură de nevertebrate cu cochilie) ce pare să fi rămas neschimbat din perioada ordoviciană, de acum aproximativ 450 de milioane de ani; sau tuatara (*Sphenodon punctatus*), o reptilă care prezintă un nivel foarte redus de evoluție morfologică pe parcursul a 200 de milioane de ani, din perioada timpurie a mezozoicului.[48]

Același lucru este valabil și în cazul multor crocodilieni (aligatori, crocodili, caimani, gaviali), care au dăinuit fără modificări semnificative timp de 200 de milioane de ani, în timp ce rămășițele extrem de bine conservate ale unor crustacee triopside vechi de 220 de milioane de ani nu se pot deosebi de cele ale actualilor creveți-potcoavă, *Triops cancriformis*. Acestea sunt unele dintre exemplele de specii care au rămas practic neschimbate timp de sute de milioane de ani, în ciuda presupuselor modificări catastrofale ale mediului care

au produs extincții în masă. Există și mai multe specii care au rămas neschimbate în registrul fosil de-a lungul a zeci de milioane de ani.

Absența dovezilor nu e o dovadă a absenței. Din cauza sărăciei registrului fosil, a diferitelor caracteristici morfologice folosite de diferiți taxonomiști în clasificarea speciilor și a posibilității ca apariția aparent bruscă (în timp geologic) a unei alte specii pe deplin formate să se fi datorat migrării unei noi specii, s-ar putea obține un tipar de stază dacă mecanismul de bază ar fi echilibrul gradual sau punctat. Totuși, se pare că registrul fosil nu oferă exemple incontestabile de modificări cumulative și graduale ce produc specii complet distincte. Pe de altă parte, există foarte multe exemple incontestabile de stază evolutivă.

Putem conchide că tiparul normal al dovezilor fosile ale animalelor este cel de stază morfologică cu modificări minore și adesea oscilante, punctate de apariția bruscă din punct de vedere geologic – în zeci de mii de ani – a unor noi specii care rămân în esență neschimbate până când dispar din registrul fosil sau continuă până în prezent, așa cum sunt așa-numitele „fosile vii".

Registrul fosil al animalelor și plantelor

Figura 17.7 ilustrează tiparul acceptat în prezent al registrului fosil al animalelor și plantelor, care datează de aproximativ 650 de milioane de ani.

Evoluția mamiferelor

Mulți biologi evoluționiști susțin că, în urma extincțiilor în masă, apar o sumedenie de noi specii deoarece supraviețuitorii au ocazia să exploateze habitate dominate anterior de speciile acum dispărute. Ele dezvoltă noi caracteristici adaptate la aceste habitate și, în consecință, dau naștere unei mari varietăți de noi specii.

Nu e încă cert dacă dispariția dinozaurilor la limita K–T a fost bruscă și a permis o explozie a speciilor de mamifere. Totuși, este cert că mamiferele actuale vădesc o foarte mare diversitate morfologică, de la liliacul-bondar de 30-40 mm lungime și 1,5-2 grame la oameni și la balenele albastre ce cântăresc peste 100 de tone. Ele formează o clasă taxonomică caracterizată prin faptul că femelele își hrănesc puii născuți cu lapte din glandele mamare. Se deosebesc de alte vertebrate prin faptul că au sânge cald: își mențin o temperatură a corpului relativ constantă independent de temperatura mediului înconjurător, în special prin procese metabolice interne, ceea ce le permite să supraviețuiască în diverse regiuni de pe glob.

Nici una dintre aceste caracteristici nu se fosilizează, astfel încât paleontologii trebuie să recurgă la alte elemente de identificare, pe care le obțin de la mamiferele actuale. Acestea sunt în principal o grupare de trei

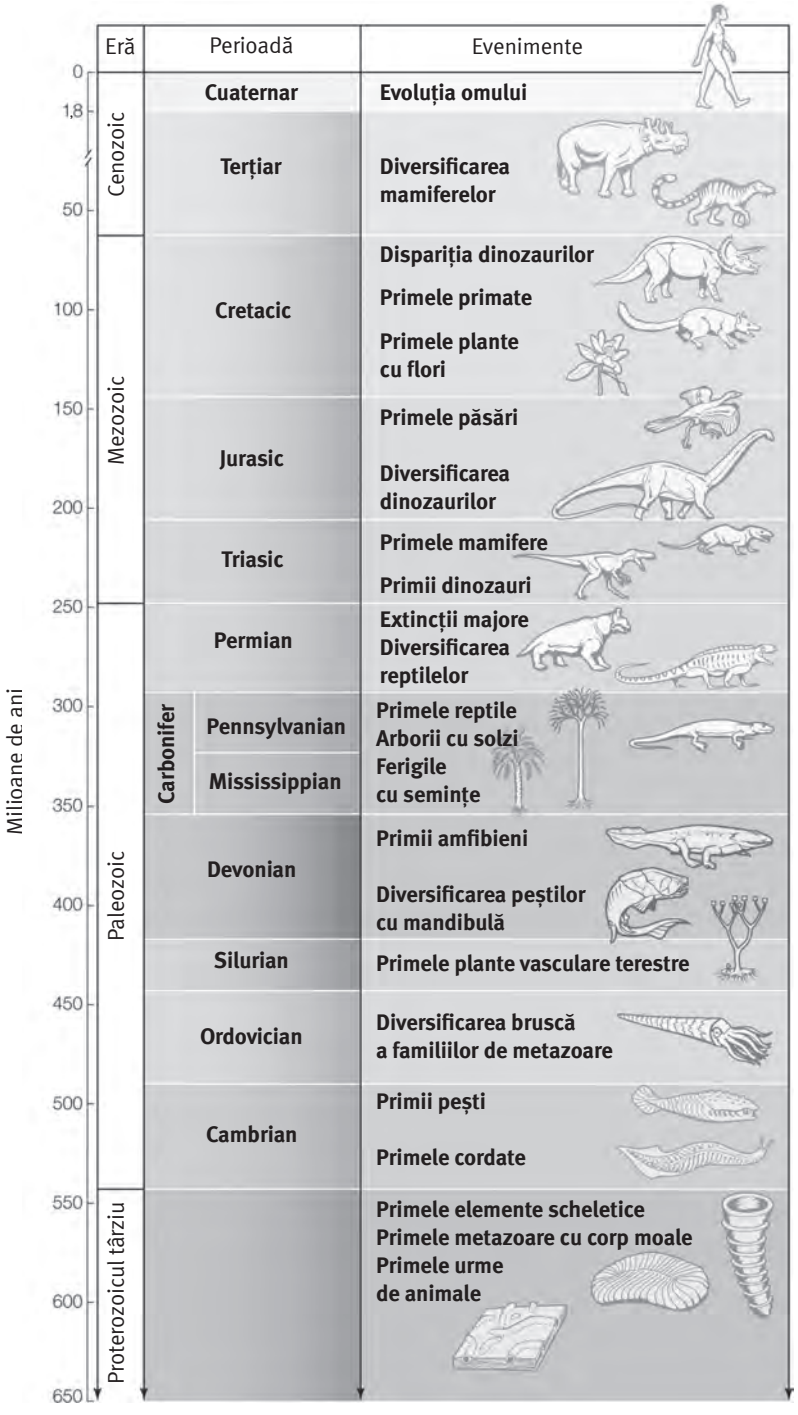


Figura 17.7 Tiparul registrului fosil al animalelor și plantelor.

oase minuscule care transmit undele sonore prin urechea mijlocie și mandibula care se mișcă în contact direct cu craniul, nu prin intermediul unui alt os, așa cum se întâmplă la celelalte vertebrate. Întrucât aceste trăsături sunt rareori observate în cazul fosilelor, paleontologii folosesc și alte caracteristici, unele dintre ele fiind împărtășite de reptilele asemănătoare mamiferelor, ceea ce face dificilă diferențierea. În consecință, clasificarea și datarea mamiferelor timpurii este discutabilă.

Pornind de la dovezile disponibile, nu putem conchide decât că primele specii de mamifere au apărut probabil din reptile terapside acum 250 sau 200 de milioane de ani[49], marea lor majoritate fiind specii dispărute astăzi. O genealogie a unor mamifere primitive cu unele trăsături reptiliene – monotremele, precum ornitorincul – a supraviețuit până în prezent. Strămoșul comun al mamiferelor marsupiale – precum cangurii – și al mamiferelor placentare a apărut probabil acum 165 de milioane de ani[50], în timp ce strămoșul direct al mamiferelor placentare – marea majoritate a mamiferelor existente astăzi, inclusiv oamenii – a apărut probabil acum aproximativ 65 de milioane de ani.[51]

Reconstituirea evoluției omului pornind de la registrul fosil

Obiectivul acestei investigații e acela de a identifica ce informații empirice avem despre evoluția omului. Trasarea unui calendar al evenimentelor majore ale evoluției biologice ce au avut ca rezultat apariția omului este îngreunată din trei motive. În primul rând, problemele legate de evaluarea registrului fosil devin tot mai numeroase pe măsură ce ne întoarcem mai mult în timp. În al doilea rând, apariția unei noi specii este rezultatul unui proces evolutiv și nu avem cum să determinăm cu precizie momentul în care începe și se termină fiecare proces. Ceea ce nu înseamnă că rezultatul procesului nu e ceva radical diferit de starea inițială. Ca să folosim o analogie, este dificil să identifici în mod precis momentul în care un boboc de trandafir devine floare, dar asta nu înseamnă că floarea nu este ceva diferit față de boboc. În al treilea rând, nu putem cunoaște, pornind de la registrul fosil, în ce măsură hibridizarea a avut ca rezultat transferul anumitor părți de genom ce au dat naștere unor noi caractere morfologice printr-un proces relativ rapid, și nu printr-o acumulare lentă și graduală de mutații genetice în fondul genetic comun al unei populații, așa cum presupune modelul neodarwinian.

Tabelul 17.3 este o încercare de sistematizare a celor mai bune estimări actuale cu privire la apariția unora dintre cei mai importanți taxoni din cadrul liniei evolutive ce a condus la omul modern. În consecință, îl consider un demers orientativ: o încercare de a vedea dacă există un tipar al dovezilor disponibile, fără pretenția că ar fi o expunere exhaustivă sau certă.

Tabelul 17.3 Calendar orientativ referitor la prima apariție în registrul fosil a taxonilor importanți, linia evolutivă umană fiind marcată cu aldine.

Taxon	Prima apariție (milioane de ani în urmă)
Procariote[a]	**3.500**
Colonii bacteriene. Posibil primele eucariote unicelulare[b]	**2.100**
Probabil eucariote[c]	**1.400**
Probabil animale nevertebrate[d]	**650**
Vertebrate (bilaterale și cu cefalizare)[e]	**525**
Pești osoși[f]	420
Vertebrate tetrapode[g]	**400**
Amfibieni[h]	360
Reptile cu aspect de mamifer (sinapside)[h]	**310**
Dinozauri[j]	245
Mamifere[k]	**220**
Mamifere euteriene[i]	**160**
Păsări[f]	160
Mamifere placentare[i]	**65**
Primate[l]	**55**
Maimuțe antropoide (hominizi)[m]	**19**
Proto-oameni (hominini)[n]	**7**
Oameni (genul *Homo*)[o]	**2**
Omul modern (*Homo sapiens*)[p]	**0,15**

Surse: (a) vezi pagina 258, (b) vezi pagina 343, (c) vezi pagina 343, (d) vezi pagina 344, (e), D.G. Shu *et al.*, „Head and Backbone of the Early Cambrian Vertebrate Haikouichthys", *Nature*, nr. 421/6922, pp. 526–529, (f) Harold J. Morowitz, 2004, p. 109, (g) „Tetrapod", *Encyclopædia Britannica Online*, 2014, (h) „Amphibian", *Encyclopædia Britannica Online* 2014, (i) Andrew M. Shedlock, S.V. Edwards, „Amniotes (Amniota)", în S.B. Hedges, S. Kumar (eds), *The Timetree of Life*, Oxford University Press, 2009, pp. 375–379, (j) „Dinosaur", *Encyclopædia Britannica Online*, 2014, (k) vezi pagina 356, (l) „Primate", *Encyclopædia Britannica Online*, 2014, (m) Michael E. Steiper, M. Young Nathan, „Primates (Primates)", în *The Timetree of Life*, 2009, pp. 482–486, (n) Michel Brunet *et al.*, „New Material of the Earliest Hominid from the Upper Miocene of Chad", *Nature*, *nr.* 434/7034, 2005, pp. 752–755 (care folosește clasificarea din 1825 a hominidelor), (o) „Homo habilis", *Encyclopædia Britannica Online*, 2014, (p) „Homo sapiens", *Encyclopædia Britannica Online*, 2014.

CONCLUZII

1. Registrul fosil este extrem de redus comparativ cu estimarea numărului de specii care au existat; este fragmentat, nu cuprinde toate speciile și este extrem de greu de interpretat cu un grad mare de certitudine. În acest context, dovezile ne sugerează următorul tipar.
2. Procariotele fosilizate prezintă puține modificări morfologice în decursul a 3,5 miliarde de ani; începând cu aproape 2 miliarde de ani în urmă, aceste forme de viață sunt întâlnite de obicei în colonii.

3. Registrul fosil se desfășoară în timp de la simplu la complex: procariotele apar înaintea eucariotelor, eucariotele unicelulare, înaintea celor pluricelulare, simetria radială apare înaintea celei bilaterale și a cefalizării, nevertebratele apar înaintea vertebratelor, peștii, înaintea amfibienilor, mamiferele, înaintea primatelor, iar maimuțele antropoide, înaintea omului.
4. Nu este vorba despre o progresie liniară: gruparea fosilelor animale pornind de la mai puține caracteristici morfologice comune de-a lungul timpului sugerează existența unui arbore genealogic cu multe filiații care, în marea lor majoritate, au încetat să mai existe.
5. Aceste filiații evolutive sunt susținute de unele specii de tranziție.
6. Deși granițele dintre organismele tot mai complexe nu sunt distincte (așa cum am văzut în toate cazurile), aceste apariții de noi specii sau tranziții evolutive sunt ireversibile: nu există dovezi convingătoare în registrul fosil care să probeze transformarea unor organisme mai complexe în altele mai simple.
7. Ritmul complexificării biologice crește de regulă odată cu trecerea timpului, deși este diferit pentru fiecare linie evolutivă în parte.
8. Tiparul normal al dovezilor fosile în cazul animalelor este acela de stază morfologică, cu modificări minore și adesea oscilante, urmate de o apariție bruscă din punct de vedere geologic – de-a lungul a zeci de mii de ani – a unei specii noi care, la rândul ei, rămâne în esență neschimbată vreme de câteva zeci sau chiar sute de milioane de ani, până când dispare din registrul fosil sau, mai rar, dăinuie până astăzi.
9. Deși nu furnizează probe indiscutabile, registrul fosil oferă dovezi solide în favoarea fenomenului evoluției biologice al cărui rezultat este omul.

CAPITOLUL 18

Dovezile evoluției biologice 2: analiza speciilor vii

> Evoluția este o inferență ce rezultă din mii de surse independente, singura structură conceptuală ce poate reuni în mod coerent toate aceste informații disparate. —Stephen Jay Gould, 1998

În ultimii patruzeci de ani, foarte puține dintre studiile centrate pe speciile vii au căutat să investigheze dacă evoluția biologică este sau nu reală. Biologii au presupus că este reală și cei mai mulți dintre ei au mai presupus că este explicată de modelul neodarwinian. Prin urmare și-au centrat investigațiile pe mecanisme detaliate și pe formularea unor ipoteze care să explice fenomenele ce nu se potrivesc cu acest model.

În consecință, dovezile în favoarea *fenomenului* evoluției la speciile de astăzi au în general statutul de produs secundar al acestor investigații. În capitolul de față voi lua în considerare ceea ce am putea numi, în termeni generali, surse de analiză, pe care le voi grupa în opt categorii: (a) structuri omologe, (b) vestigii, (c) biogeografie, (d) embriologie și dezvoltare, (e) modificarea speciilor, (f) biochimie, (g) genetică, și (h) genomică. În capitolul următor voi examina comportamentul speciilor vii.

STRUCTURILE OMOLOGE

Dovezile actuale consolidează observațiile lui Darwin cu privire la structura asemănătoare a unor părți ale corpului folosite în scopuri foarte diferite de către specii diferite. Figura 18.1 ilustrează asemănarea structurală a membrelor anterioare pe care oamenii le folosesc pentru manipularea obiectelor, pisicile pentru deplasare, șopârlele pentru alergare, cățărare și înot, broaștele pentru înot, balenele ca aripioare înotătoare și liliecii pentru zbor. Chiar și păsările au o structură similară a aripilor, chiar dacă au numai trei degete în loc de cinci.

Nici un inginer nu ar proiecta structuri atât de asemănătoare pentru funcții atât de diferite. Structurile omologe sunt evidente și în cazul altor părți ale corpului animal. Gradul lor de asemănare reflectă proximitatea primei apariții a speciilor respective în registrul fosil. Astfel, structurile

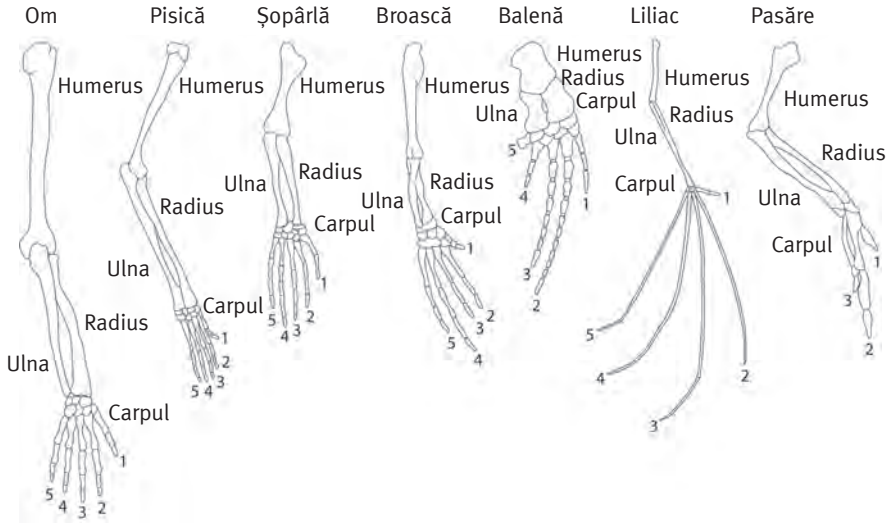


Figura 18. Membre anterioare omologe la vertebrate.

omologe sunt cel mai asemănătoare între om și cimpanzeu, mai puțin asemănătoare între om și alte mamifere, și mai puțin între om și păsări, și cel mai puțin între om și pești.

Cea mai rezonabilă explicație este că aceste structuri reprezintă adaptări evolutive ale părților corpului strămoșilor comuni la diferite medii înconjurătoare.

VESTIGIILE

Dovezile actuale furnizează și în acest caz alte exemple ale unor structuri considerate de Darwin rudimentare, atrofiate sau perimate. Aripile unor păsări precum struțul, pasărea emu, pasărea nandu și pinguinul nu pot fi folosite la zbor; alcătuirea lor sugerează că sunt aripi degenerate, provenite de la strămoși care zburau. Struții își folosesc aripile pentru menținerea echilibrului și pentru ritualurile de curtare, în timp ce pinguinii le folosesc pentru înotul subacvatic, în concordanță cu adaptarea evolutivă la un mediu nou pornind de la aripi ce aparțineau unui strămoș zburător. Cea mai parcimonioasă explicație a membrelor posterioare interne ale balenelor e aceea că reprezintă vestigii ale membrelor posterioare ale mamiferelor terestre a căror tranziție la viața acvatică a fost discutată în capitolul anterior. Tot așa, nici coccisul uman nu are vreo funcție, dar existența lui se explică cel mai bine dacă îl considerăm rămășița unei cozi ancestrale care a degenerat și s-a redus deoarece odată cu adoptarea mersului biped nu a mai fost folosită.

Vestigiile nu sunt limitate la structuri anatomice. Șopârlele din specia *Cnemidophorus uniparens*, care sunt numai femele, manifestă un comportament complex de curtare, deși se reproduc fără să fie fertilizate de un mascul. Comparând genomul cimpanzeilor cu cel al omului, putem observa zeci de gene omologe care nu mai funcționează la om.

BIOGEOGRAFIA

Știința numită astăzi biogeografie adaugă și mai multe dovezi în sprijinul distribuției geografice a speciilor la care Darwin și Wallace au apelat pentru a susține evoluția biologică, folosind totodată descoperirile geologice actuale referitoare la plăcile tectonice pentru a explica unele anomalii aparente.

Tiparul general e acela că masele continentale au specii vegetale și animale specifice, în timp ce insulele mici și îndepărtate sunt lipsite de majoritatea speciilor animale continentale, dar cuprind un număr mare de specii native strâns înrudite indiferent de condițiile de mediu.

Astfel, în Africa găsim hipopotami, zebre, girafe, lei, hiene, lemurieni, maimuțe cu nas îngust și coadă neprehensilă, gorile și cimpanzei. În America de Sud nu există nici unul dintre aceste animale. În schimb, există tapiri, pangolini, lame, pume, jaguari, oposumi și maimuțe cu nas lat și coadă prehensilă. Insulele Hawaii, aflate la 3.200 kilometri de cel mai apropiat continent, nu au specii native de reptile, amfibieni sau conifere și numai două specii native de mamifere, o specie de lilieci și una de foci. În schimb, adăpostesc mii de specii de drosofile și peste 750 de specii de melci, deși majoritatea acestora au dispărut între timp.

America de Sud s-a desprins de Africa acum 140 de milioane de ani, cu mult înainte de diversificarea speciilor timpurii de mamifere ce poate fi observată în registrul fosil. Aceste dovezi sunt concordante cu existența unor vechi strămoși comuni ai mamiferelor care au evoluat diferit pe diverse continente separate de oceane care au împiedicat migrația și încrucișarea.

Lanțul hawaiian de insule s-a format în urma unei serii de erupții vulcanice care au început în urmă cu aproximativ 66 de milioane de ani și s-au sfârșit acum mai puțin de jumătate de milion de ani. Singurele specii care au putut migra acolo au fost insectele, păsările și mamiferele capabile să zboare pe distanțe lungi, împreună cu paraziții lor, semințele prinse de penajul sau de picioarele lor, insecte purtate de vânt sau semințe și mamifere acvatice purtate acolo de curenții oceanici. Așa se explică absența mamiferelor terestre mari, care nici nu înoată și nici nu zboară, și se justifică ipoteza radiației adaptative: speciile care au ajuns pe insule au găsit nișe ecologice neocupate, puțini competitori și prădători care să le împiedice reproducerea

și adaptarea la aceste noi nișe, rezultând un mare număr de specii asemănătoare.

Insulele indoneziene par să reprezinte o excepție, având o faună net diferită în regiunea vestică, cea centrală și cea estică a arhipelagului. Cu toate acestea, se consideră că deosebirile respective sunt rezultatul unei convergențe relativ recente a trei plăci litosferice: placa australiană, ce se deplasează spre nord; placa pacifică, ce se deplasează spre vest; și placa eurasiatică, ce se deplasează spre sud-sud-est. Cândva parte a continentului asiatic, insulele occidentale au animale asiatice, cum ar fi rinocerii, elefanții, leoparzii și urangutanii, în timp ce insulele din est au animale și plante asemănătoare cu cele din Australia, din care s-au separat. Insulele centrale au fost mult timp independente și au propria faună și floră.

Corelarea distribuției geografice a speciilor cu ceea ce se cunoaște despre formarea geologică și despre mediul înconjurător din zonă, plus informațiile provenite din registrul fosil, furnizează dovezi solide în favoarea ipotezei că specii diferite au evoluat din strămoși comuni.

EMBRIOLOGIA ȘI DEZVOLTAREA

După ce observă asemănările embrionilor unor specii foarte diferite și ale puilor dependenți de părinți, cărora le lipsesc diferențele morfologice și coloristice caracteristice adulților, Darwin conchide că acesta este „unul dintre cele mai importante subiecte din întreaga istorie naturală“[1].

Totuși, s-au făcut puține progrese în acest domeniu până când dezvoltarea tehnologică de la sfârșitul secolului XX a permis secvențierea genetică rapidă. Așa a apărut subdisciplina biologiei evoluționiste a dezvoltării – cunoscută sub numele de „evo-devo“ [*evolutionary developmental*] –, care investighează mecanismele genetice ale dezvoltării embrionare la diferite specii. Aceste studii au condus la descoperiri semnificative și neașteptate: aceleași gene controlează dezvoltarea aceluiași organ la specii cu forme, structuri și dimensiuni foarte diferite. De exemplu, gena numită Pax-6 a musculiței de oțet *Drosophila melanogaster* controlează și coordonează aproape două mii de alte gene care sunt implicate în alcătuirea unor ochi înzestrați cu mai multe lentile. O genă Pax-6 aproape identică, dar întâlnită la șoarece, are același rol de a regla gene foarte diferite care produc ochi cu o singură lentilă. Surprinzător e că inserția unei singure gene Pax-6 de șoarece în genomul musculiței de oțet va conduce la dezvoltarea tipului de ochi caracteristic musculiței, în timp ce inserția unei gene Pax-6 de la drosofilă în genomul unei broaște va produce un ochi caracteristic broaștei.[2]

În mod paradoxal, deși contrazice predicțiile modelului neodarwinian (Mayr susținea că ochiul trebuie să fi evoluat independent de 40 de ori în

regnul animal), existența unor gene principale în esență identice care controlează dezvoltarea unor tipuri foarte diferite ale aceluiași organ la o mare varietate de specii susține ipoteza că aceste gene provin de la un strămoș comun îndepărtat.

MODIFICĂRILE SPECIILOR

Selecția artificială

Bacteriile

Modificarea biologică poate fi demonstrată într-un interval de 24 de ore cu ajutorul unei populații de bacterii care trăiesc într-un vas Petri ce conține un mediu nutritiv. Dacă este adăugat un antibiotic letal, bacteriile încep să moară în masă. Totuși, una sau mai multe varietăți ale bacteriei vor fi imune la acest antibiotic particular și vor supraviețui. Ele se vor reproduce rapid, înlocuind populația inițială. Este discutabil dacă aceste bacterii constituie o specie nouă sau o varietate a speciei inițiale. Definiția ortodoxă actuală nu ne este de folos, deoarece depinde de reproducerea sexuată, în timp ce bacteriile se reproduc de obicei asexuat, prin fisiune binară. În plus, analizele genetice ale bacteriilor pot fi interpretate în diverse moduri.

În 1988, Richard Lenski, care lucra atunci la Universitatea din California, Irvine, a început un experiment centrat pe 12 populații ale unei tulpini de *Escherichia coli* derivate dintr-o singură bacterie. Lenski le-a urmărit mutațiile genetice și valoarea selectivă relativă – selectându-le în funcție de viteza cu care cresc într-un mediu nutritiv cu aport limitat de zahăr – pe parcursul a 50.000 de generații, studiul desfășurându-se vreme de peste 20 de ani. Cele mai multe mutații nu aveau vreun efect sau erau nocive, dar câteva s-au corelat cu un avantaj în dezvoltare de până la 10% față de predecesorii lor. În general, mutațiile au crescut liniar, în timp ce valoarea selectivă a crescut în salturi.

Când experimentul a ajuns la generația 33.127, cercetătorii au remarcat o creștere semnificativă a turbidității într-unul din vase. Bacteriile private de zahăr începuseră să folosească pentru metabolizare citratul, un tampon de pH din mediul de cultură al tuturor vaselor de test, iar acest lucru a dus la o creștere uriașă a populației. E discutabil dacă această nouă tulpină reprezintă o nouă specie. Ea a continuat să coexiste cu o minoritate de bacterii care metabolizau în continuare zahărul.[3]

Modificările reversibile

În opinia biologului evoluționist Francisco José Ayala, de la Universitatea din California, Irvine, selecția artificială produce în general variații reversibile.

> Crescătorii aleg găini care produc ouă mai mari, vaci care produc mai mult lapte și porumb cu un conținut proteic mai ridicat. Dar selecția trebuie întreținută sau restabilită periodic, chiar și după ce s-au atins scopurile urmărite. Dacă încetează, îi ia treptat locul selecția naturală și trăsăturile revin la valoarea lor intermediară inițială.[4]

Hibridizarea

Horticultorii folosesc de multă vreme tehnica hibridizării pentru a produce specii noi de plante cu caractere specifice. Hibrizii produși prin încrucișarea între două specii diferite sunt cunoscuți drept hibrizi F_1; hibrizii obținuți din încrucișarea indivizilor din generația F_1 sunt numiți hibrizi F_2 și așa mai departe; hibrizii retroîncrucișați sunt produși atunci când indivizi din F_2 sunt împerecheați cu membrii uneia dintre speciile parentale. Hibrizii retroîncrucișați care se încrucișează din nou cu aceeași specie parentală sunt numiți retrohibrizi de generația a doua.

În medie, hibrizii mamiferelor sunt mai puțin capabili să supraviețuiască și să se reproducă. Mulți hibrizi selectați artificial, precum catârul, rezultat din încrucișarea unui măgar mascul cu o iapă, sunt de obicei mai puternici decât oricare dintre părinți, dar sunt sterili. Însă, contrar presupunerilor larg răspândite, aceasta nu e nicidecum o regulă generală; fertilitatea diferă adesea între cele două sexe. De exemplu, încrucișarea unei vaci domestice cu bizonul [*buffalo*] pentru a crește producția de carne de vită [*beef*] produce hibrizi numiți *beefalo*. Masculii de beefalo produși în prima încrucișare sunt de obicei sterili, dar atunci când femele parțial fertile rezultate dintr-o retroîncrucișare sunt retroîncrucișate din nou, masculii produși sunt adesea fertili. Încrucișarea unui câine cu un șacal pentru a crea un hibrid cu o sensibilitate olfactivă superioară produce pui care sunt aparent tot atât de fertili și de stabili precum multe alte varietăți de câini domestici obținuți de crescători. Astfel de hibrizi prezintă trăsături care depășesc posibilitățile variațiilor parentale, fenomen numit heterozis, deși cei mai mulți hibrizi nu sunt heterotici.

În grădinile zoologice deschise apar hibrizi între specii diferite. Ligrul, produs al încrucișării dintre un leu și o tigroaică, este de regulă mai mare și mai puternic decât fiecare din părinți (heterozis pozitiv), în timp ce tigronul, produs al încrucișării dintre un tigru și o leoaică, este de obicei de talie mai mică decât fiecare din părinți (heterozis negativ). Se pare că nu există studii referitoare la fertilitatea și stabilitatea de-a lungul mai multor generații a acestor hibrizi. Totuși, puii hibrizi obținuți în urma încrucișării urșilor polari cu urșii grizzly crescuți în captivitate sunt fertili.

Poliploidia

În 1912, botaniștii de la Kew Gardens, în urma încrucișării a două specii de primule, *Primula floribunda* și *Primula verticillata*, au obținut un descendent care poseda mai mult de două seturi de cromozomi în fiecare celulă. Hibridul rezultat era steril, dar a putut fi înmulțit prin butășire. Mai târziu, în trei ani diferiți, această clonă altminteri sterilă a produs lăstari care au dat naștere unei plante fertile, numită *Primula kewensis*, care nu se putea împerechea cu succes cu nici una din speciile parentale. Motivul era acela că avea un număr dublu de cromozomi. Astfel de mutații cromozomiale (distincte de mutațiile genetice) pot fi induse astăzi printr-o substanță mutagenă precum colchicina.

Creșterea numărului de cromozomi comparativ cu cei ai părinților proveniți dintr-o singură specie se numește autopoliploidie, în timp ce creșterea numărului de cromozomi rezultați din hibridizarea a două specii se numește alopoliploidie.

Speciile din natură

Bacteriile

În capitolele anterioare am arătat că cele mai vechi bacterii clar identificabile datează de acum aproape 3,4 miliarde de ani. În ciuda acestui timp enorm, în cursul căruia s-au acumulat mutații genetice aleatorii, bacteriile de astăzi au rămas unicelulare și practic identice din punct de vedere morfologic cu acele fosile străvechi.

Un număr tot mai mare de cercetări au răsturnat vechea opinie potrivit căreia procariotele – bacterii și arhee – și eucariotele unicelulare, cum ar fi amiba, trăiesc relativ independent și evoluează treptat prin selecția naturală neo-darwiniană ce acționează asupra mutațiilor genetice aleatorii transmise generațiilor ulterioare.

Multe specii procariote pot încorpora sau pot pierde din ADN, în timp ce eucariotele pot încorpora ADN procariotic prin transferul orizontal de gene prin trei mijloace principale:

1. *Transformare naturală*
   Absorbția directă de ADN eliberat în mediul înconjurător de celulele aflate în descompunere, celulele alterate sau particulele virale, sau în urma excreției celulelor vii.
2. *Transducție*
   Transferul de ADN de la o bacterie la alta prin intermediul unui agent, de exemplu un virus.
3. *Conjugare*
   Transferul unor elemente genetice mobile, precum plasmidele, prin contactul direct între două bacterii prin intermediul pililor.[5]

Un astfel de transfer la nivelul aceleiași generații poate avea loc între specii foarte diferite, precum între *Escherichia coli*, bacterie care în mod normal populează intestinele animalelor, și *Synechocystis* sp. PCC6803, o specie de cianobacterie care trăiește în apă. Ele pot fi dăunătoare, neutre sau avantajoase pentru supraviețuire și reproducere. Atunci când sunt avantajoase, pot conferi noi abilități sau funcții receptorului de material genetic, precum imunitatea față de o toxină. O analiză făcută în 2008 asupra unui număr de 181 de genomuri procariote secvențiate a estimat că transferul orizontal de gene este răspunzător de 81 ± 15% dintre gene, fapt care subliniază însemnătatea acestui mecanism în evoluția bacteriilor, a arheelor și a eucariotelor unicelulare.[6]

Hibridizarea

Astăzi se consideră că hibridizarea joacă un rol important nu numai în speciația naturală a plantelor, ci și în transformările biologice ale peștilor, păsărilor și mamiferelor.[i] În ultimii ani, bufnița americană cu dungi [*Strix varia*] din vestul mijlociu al Statelor Unite s-a deplasat spre coasta Pacificului, unde s-a stabilit în habitatul împădurit al bufniței pătate [*Strix occidentalis*] cu care s-a împerecheat și a produs urmași fertili. Urșii polari și urșii grizzly se reproduc cu succes atât în captivitate, cât și în sălbăticie. În ultimii ani, urșii grizzly, care populează de obicei nord-vestul Americii, Alaska și Canada, au început să apară, probabil din cauza creșterii temperaturilor, mai spre nord, în habitatul urșilor polari. În 2006, un vânător a împușcat ceea ce credea că este un urs polar, dar animalul avea o blană alb-crem, spatele cu cocoașă, fața mai puțin prelungă și pete de culoare brună. În plus, testele genetice ulterioare au arătat că era vorba de un hibrid cu un tată grizzly și o mamă urs polar.

Poliploidia

Poliploidizarea artificială a produs specii fertile noi, în special în rândul plantelor, dar probabil că acest tip de speciație este mai larg răspândit în natură decât se credea. În 2005, în urma investigării literaturii de specialitate, Pamela Soltis, specialistă în taxonomia moleculară, a conchis că toate plantele cu flori sunt probabil poliploide sau descendente ale unor poliploizi naturali[7], iar într-un alt studiu din 2005 geneticienii evoluționiști T. Ryan Gregory și Barbara Mable subliniau că

> poliploidia nu e la fel de răspândită la animale cum este la plante, dar nu este nici pe departe atât de rară cum s-a crezut. Rata scăzută de identificare a poliploidiei la animale arată în parte cât de puțin efort s-a depus

[i]) Vezi pagina 337.

> în această direcție [...]. Supozițiile tradiționale referitoare la poliploidia animală s-au prăbușit pe rând în fața noilor dovezi.[8]

Printre dovezi se numără poliploidia la pești, amfibieni, reptile și mamifere. Milton Gallardo și colegii săi de la Universitatea Australă din Chile au descoperit în 1999 că șobolanul roșu, *Tympanoctomys barrerae*, este tetraploid (având patru seturi de cromozomi în nucleul celular), dovadă care sugerează că tetraploidia a fost cauzată de o hibridizare poliploidă ancestrală a două specii diferite. Mai târziu, aceiași cercetători au raportat că șobolanul auriu, *Pipanacoctomys aureus*, este la rândul său tetraploid, rezultat dintr-o poliploidizare ancestrală.[9]

Molia de mesteacăn

Majoritatea profesorilor și manualelor prezintă molia de mesteacăn drept un exemplu elocvent de evoluție biologică petrecută în natură în decursul unei singure generații omenești. Înainte de mijlocul secolului al XIX-lea, toate specimenele de *Biston betularia* din Anglia erau molii de culoare albă cu pete negre, o formă numită *typica*. În 1848, în Manchester, centrul revoluției industriale britanice, a apărut o varietate de culoare neagră, *carbonaria*, iar până în 1895 98% dintre indivizii speciei *Biston betularia* din zonă erau de culoare neagră. Moliile din varietatea *carbonaria* au mai apărut în multe alte părți ale Angliei, cu precădere în centrele industriale. În 1896, lepidopterologul J.W. Tutt a emis ipoteza că sporirea frecvenței varietății *carbonaria* se datorează vânătorii diferențiale practicate de păsările insectivore din zonele poluate.

Totuși, nimeni nu a testat această ipoteză până când, în 1952, medicul Bernard Kettlewell, care primise o bursă de cercetare la Departamentul de Genetică al Universității Oxford, a început o serie de studii pentru dovedirea acestei ipoteze. În opinia lui Kettlewell, această modificare a culorii moliilor se datora faptului că păsările insectivore consumau cele mai vizibile exemplare de pe trunchiurile copacilor. Industrializarea nordului Angliei a produs funingine și ploi acide care au înnegrit trunchiurile copacilor, ucigând mai întâi lichenii care îi împodobeau. Varietatea *typica*, de culoare predominant albă, care se camufla ușor printre licheni, a început să fie vizibilă, devenind pradă ușoară pentru păsări, în timp ce mutantele negre s-au camuflat cu ușurință. În decursul generațiilor, moliile negre au supraviețuit o perioadă mai lungă și s-au reprodus mai intens, înlocuind varietatea *typica*. Acest fenomen a fost numit melanism industrial. După adoptarea legilor de protecție a mediului din anii ’50, copacii și-au redobândit aspectul anterior și varietatea *typica* a redevenit o specie dominantă în nordul Angliei.

Kettlewell și-a susținut concluziile cu studii care arătau corelația dintre nivelul de poluare și frecvența varietății negre. În mod surprinzător, experimentele sale au arătat că, după eliberarea unor indivizi din cele două varietăți în păduri poluate și nepoluate, cercetătorii au recapturat mai multe exemplare criptice sau camuflate decât exemplare ușor vizibile; această vânătoare diferențială a fost susținută de observarea directă a păsărilor care consumau molii aflate pe copaci. În cele din urmă, Kettlewell a demonstrat în laborator că fiecare varietate are preferința comportamentală de a se așeza pe fundaluri asemănătoare cu propria culoare. În felul acesta, ipoteza formulată de Tutt în 1896 a fost confirmată, modelul neodarwinian a fost validat, iar manualele au reprodus fotografiile lui Kettlewell cu molii așezate pe copaci.

Geneticianul Michael Majerus, de la Universitatea Cambridge, care a studiat gărgărițe și molii, a fost însărcinat de Oxford University Press să scrie o carte, *Melanism: Evolution in Action*, pentru a fi publicată la 25 de ani după cartea lui Kettlewell *The Evolution of Melanism*. Pregătind o recenzie la această carte pentru revista *Nature*,[10] Jerry Coyne a descoperit erori serioase în lucrarea lui Kettlewell. Printre ele se numără faptul că „*Biston betularia* probabil nu obișnuiește să stea pe trunchiuri de copaci – numai două molii au fost văzute într-o asemenea poziție în peste 40 de ani de cercetare intensă [...]. Acest lucru în sine invalidează experimentele de eliberare și recapturare ale lui Kettlewell, deoarece moliile au fost plasate direct pe trunchiuri unde erau vizibile pentru păsările insectivore". Fotografiile erau ale unor molii moarte lipite pe trunchiurile copacilor și erau folosite pentru a exemplifica vizibilitatea și camuflajul. În plus, Kettlewell a eliberat moliile în cursul zilei, în timp ce ele își aleg de obicei locul de odihnă în timpul nopții; creșterea numărului varietății *typica* s-a petrecut cu mult timp înainte ca lichenii să recolonizeze copacii poluați; o creștere și o descreștere asemănătoare a formei melanice s-a petrecut și în zonele industriale din Statele Unite, unde nu s-a înregistrat o variație a abundenței lichenilor; iar rezultatele experimentelor comportamentale ale lui Kettlewell nu au putut fi reproduse în alte studii: moliile nu au tendința de a alege fundaluri asemănătoare aspectului lor.

Coyne se referă la multe alte erori de cercetare descoperite de Majerus și la o serie de probleme suplimentare pe care le-a descoperit el însuși când a citit articolele lui Kettlewell pentru prima dată. „Reacția mea se aseamănă cu consternarea pe care am simțit-o atunci când am descoperit, la 6 ani, că persoana care îmi aducea cadourile în ajunul Crăciunului era tatăl meu, nu Moș Crăciun".

Coyne conchide că „deocamdată trebuie să nu mai considerăm *Biston* un exemplu bine înțeles de selecție naturală în acțiune". El mai spune că

„merită să ne gândim și de ce a existat o asemenea acceptare generală și fără semne de întrebare a muncii lui Kettlewell. Probabil pentru că astfel de povești puternice descurajează examinarea atentă".

Majerus a respins concluziile lui Coyne și și-a apărat propria perspectivă cu privire la melanismul industrial trimițând la alte studii și adăugând:

> Acestea fiind spuse, convingerile mele referitoare la faptul că vânătoarea diferențială exercitată de păsări este în mare parte răspunzătoare nu se bazează numai pe datele empirice din experimentele publicate în literatura de specialitate. Eu „știu" că ipoteza vânătorii diferențiale formulată de Tutt este corectă deoarece „știu" despre moliile de mesteacăn. Pentru oamenii de știință, care apelează la rigoare și la controlul experimental, această declarație poate să pară, din diferite motive, insuficientă, dacă nu chiar eretică. Totuși, mi-o mențin.[11]

Există puține diferențe între acest „știu" și cel al creaționiștilor, care „știu" că Dumnezeu a creat fiecare specie. Poate este unul dintre răspunsurile la întrebarea lui Coyne referitoare la acceptarea necritică a lucrării lui Kettlewell, însă este incompatibil cu știința.

În același an în care a apărut cartea lui Majerus, biologul evoluționist Theodore Sargent (de la Universitatea din Massachusetts) și colegii săi au publicat o critică a explicațiilor clasice ale melanismului industrial, ajungând la concluzia că „în momentul de față există puține dovezi convingătoare, sub formă de observații și experimente riguroase și verificate, care să susțină această explicație [că păsările au făcut ca o mutație genetică să devină dominantă în cadrul populației de-a lungul generațiilor]"[12]. Sargent a sugerat alte cauze, precum faptul că un anumit tip de inducție declanșată de transformările mediului înconjurător ar fi putut produce fenomenul de melanism industrial în cadrul unei întregi populații și că acest lucru ar explica mai bine viteza cu care varietatea melanică a înlocuit forma tipică în diverse studii.

Unii creaționiști au profitat de critica cercetării lui Kettlewell și i-au acuzat pe biologii evoluționiști de complicitate în oferirea de dovezi frauduloase pentru susținerea darwinismului. Dar această critică nu neagă fenomenul evoluției biologice, ci doar scoate la iveală un model experimental defectuos sau, conform legii interpretării datelor, înclinația cercetătorului mai mult către validarea decât către testarea unei ipoteze în care crede. Datele verificabile ridică probleme (pe care și Sargent a încercat să le discute) cu privire la cauzele și mecanismul melanismului industrial. Sargent nu a mers totuși mai departe în această direcție, deoarece biologii evoluționiști au luat o poziție defensivă în jurul modelului actual ca reacție împotriva creaționiștilor.

Această controversă a trecut în plan secund un aspect important al melanismului industrial: acest fenomen s-a petrecut când mediul înconjurător s-a schimbat și a revenit la normal când mediul înconjurător s-a schimbat din nou. Rezultă că modificarea fenotipică a fost reversibilă, iar modificările reversibile nu reflectă evoluția unei specii. Ceea ce s-a întâmplat în decurs de 150 de ani – o clipă din punct de vedere geologic – a fost o oscilație a culorii, care este mai puțin însemnată decât oscilațiile în jurul unei morfologii de bază pe care Eldredge o descrie drept stază evoluționistă în registrul fosil.

Ecotipurile

Ecotipul este un termen aplicat varietății unei specii ce se adaptează la condițiile locale și astfel manifestă modificări morfologice și fiziologice, dar care se poate încrucișa cu alte varietăți. Un exemplu în acest sens este pinul scoțian, ale cărui douăzeci de ecotipuri sunt răspândite din Scoția până în Siberia și pot să se încrucișeze între ele.

Statutul taxonomic al delfinilor tucuxi (genul *Sotalia*) a constituit un motiv de dispută timp de peste un secol. Genul cuprindea cândva cinci specii, dar în secolul XX a fost grupat în două specii: *Sotalia fluviatilis*, care trăiau în fluvii, și *Sotalia guianensis*, care trăiau în largul mării. Studii mai recente au conchis că diferența dintre cele două specii se datorează numai dimensiunii; astfel, începând cu anii '90, cei mai mulți cercetători au ajuns să-i considere pe toți o singură specie, *S. fluviatilis*, ce cuprinde ecotipuri marine și fluviale. Din cauza faptului că sunt separate geografic, nu se poate stabili dacă cele două ecotipuri se pot încrucișa în sălbăticie. Folosind mai curând definiția filogenetică a speciei decât definițiile biologice mai recente, conservaționiștii susțin acum că e vorba de două specii diferite; ei invocă analizele moleculare care arată, de exemplu, că gena pentru citocromul b diferă în cazul a 28 dintre cele 11.490 de nucleotide.[13] Nu e încă cert dacă o diferență de 2,5% în nucleotidele acestei gene e suficientă pentru a defini o specie, și voi discuta mai în detaliu problemele legate de astfel de analize moleculare într-un alt capitol. Astfel de ecotipuri ar putea să se afle în procesul de constituire a unor noi specii, dar acest proces ar putea să fie și reversibil, așa cum am văzut în cazul moliei de mesteacăn.

„Cintezele lui Darwin"

După cum am văzut în capitolul 16, Darwin nu a folosit niciodată cintezele din insulele Galápagos ca un exemplu de evoluție biologică[i], dar Peter și Rosemary Grant, biologi evoluționiști de la Universitatea Harvard, au pe-

[i]) Vezi pagina 341.

trecut mai mult de 25 de veri studiind aceste păsări, mai ales pe insula Daphne Major.

În cartea sa *The Beak of the Finch: A Story of Evolution in Our Time* [„Ciocul cintezei: o poveste a evoluției din vremurile noastre"], pentru care a primit în 1994 premiul Pulitzer, Jonathan Weiner reia mitul discreditat al cintezelor lui Darwin și consideră cercetarea soților Grant drept „cea mai bună și mai detaliată demonstrație de până acum a puterii procesului lui Darwin". Totuși, Darwin „nu era conștient de forța propriei teorii. El a subestimat în mare măsură puterea selecției naturale. Acțiunile acesteia nu sunt nici lente, nici rare. Conduc la evoluție în fiecare zi și în fiecare ceas"[14], iar nu gradual și de-a lungul unor perioade mari de timp, cum preziceau Darwin și modelul neodarwinian.

De fapt, măsurătorile meticuloase ale ciocului cintezelor realizate de soții Grant au arătat că numărul de cinteze cu ciocul mare sau mic a oscilat în decursul celor 25 de ani, în care uneori seceta a lăsat numai semințe mari și dure, iar alteori perioadele de ploi îndelungate au avut drept rezultat semințe mai mici și mai puțin dure.

Aceasta nu e evoluție biologică. În decursul celor 25 de ani nu s-a petrecut nici o modificare semnificativă. Autorii au găsit pur și simplu o redistribuire periodică a frecvenței genelor – variații genetice deja existente în fondul comun de gene al speciei respective – ca reacție la modificarea condițiilor de mediu. Este un alt exemplu de modificare adaptativă reversibilă în cadrul populației unei specii.

Membrii fiecăreia dintre cele șase specii de cinteze de pe insulele Daphne Major și Genovesa nu s-au împerecheat, în general, cu membrii celorlalte specii, din cauza uneia dintre barierele reproductive neodarwiniene, și anume comportamentul (în acest caz, cântecul păsărilor). Totuși, atunci când au făcut acest lucru, puii lor au fost la fel de fertili precum populațiile parentale și la fel au fost primele două generații ale urmașilor lor hibrizi. Alte studii de teren din America de Nord au arătat că hibridizarea speciilor de păsări care ocupă același teritoriu este posibilă, iar puii sunt viabili și fertili în mare măsură. Se pune astfel întrebarea: oare aceste cinteze, clasificate în principal după dimensiunea și forma ciocului, sunt specii diferite sau variații ale unei singure specii? Întrebarea este justificată mai ales având în vedere că cercetările soților Grant au demonstrat că modificările formei și dimensiunii ciocului sunt reversibile în condiții diferite de mediu.

Cei doi cercetători au observat că ideea de specie biologică acceptată de comunitatea științifică actuală se bazează mai ales pe studiile centrate pe drosofilă. Deși aproape 10.000 de specii de păsări sunt recunoscute în funcție de această definiție,

> interpretarea speciației s-a aplicat probabil numai în cazul a 500 dintre ele. Însă baza genetică a variației acelor trăsături ce produc izolarea

specifică precopulației și care sunt implicate în speciație este cunoscută (incomplet) la mai puțin de 100 de specii, în vreme ce baza genetică a izolării specifică postcopulației nu este cunoscută la nici o specie. Informațiile pornind de la care se pot face generalizări cu privire la genetica speciației păsărilor sunt deci foarte precare.[15]

Definiția speciei

Orice discuție despre evoluția biologică devine confuză din cauza definițiilor diferite date speciei nu numai de către bacteriologi, botaniști și zoologi, ci și de către specialiștii fiecăreia dintre aceste ramuri ale biologiei, la care se adaugă și opiniile foarte diferite cu privire la caracterele care definesc o specie. Dacă specia – iar nu varietatea (inferioară speciei) ori genul, clasa sau ordinul (superioare speciei) – este considerată taxonul de bază care marchează o etapă bine definită a evoluției biologice și care poate fi folosită pentru a descrie o populație și legăturile acesteia cu alte populații, atunci îmi pare că ireversibilitatea ar trebui să fie principala caracteristică: nimeni nu ar susține că oamenii moderni ar putea să evolueze în sens invers, către *Australopithecus afarensis* (sau oricare a fost un strămoș comun al oamenilor), care avea o treime din capacitatea noastră craniană actuală.

În consecință, voi sugera următoarele definiții generice pentru a reduce confuzia:

subspecie, varietate sau rasă Populație de organisme ale căror caractere ereditare definitorii și specifice perioadei adulte au suferit modificări reversibile față de cele ale populației sau populațiilor lor ancestrale.

specie Populație de organisme ale căror caractere ereditare definitorii și specifice perioadei adulte au suferit o modificare ireversibilă față de cele ale populației sau populațiilor din care a evoluat.

speciație Procesul prin care o populație de organisme își modifică în mod ireversibil caracterele ereditare definitorii și specifice perioadei adulte față de cele ale populației sau populațiilor din care a evoluat.

Cuvântul „proces“ din definiția speciației dă seamă de stadiile intermediare în care împerecherea de succes poate avea loc între subspecii ce se pot afla pe calea transformării într-o altă specie.

Aceste definiții generice lasă specialiștilor posibilitatea de a enumera caractere ereditare ce definesc o anumită specie; se pot aplica criterii diferite unor tipuri diferite de specii. Cele trei definiții nu menționează dacă transformarea ireversibilă are la bază selecția artificială, mutații genetice generate aleatoriu și selectate natural, deriva genetică, poliploidia, hibridizarea sau oricare altă cauză posibilă pe care o voi aborda într-un capitol

viitor. Sper totuși că vor reuși să fie suficient de cuprinzătoare încât să includă toate tipurile de organisme, incluziv bacteriile și plantele, și să permită diferențierea între specii și variațiile unei specii.

BIOCHIMIA

Toate bacteriile, plantele și animalele sunt alcătuite din substanțe chimice identice sau asemănătoare, sunt structurate în mod identic sau asemănător și sunt supune unor reacții identice sau asemănătoare.

Aproape toate formele de viață cunoscute (cu excepția moleculelor de ARN) folosesc molecule de ADN structurate dublu-elicoidal pentru supraviețuire și reproducere. Ele conțin o secvență diferită alcătuită din aceleași patru nucleotide, având în vedere că, din punct de vedere chimic, sunt posibile multe alte nucleotide și structuri.

Aceleași triplete alcătuite din aceste nucleotide acționează ca un tipar pentru producerea acelorași aminoacizi la toate organismele. Toate proteinele folosite pentru construirea și menținerea organismelor sunt sintetizate pornind de la combinații și secvențe ale acelorași douăzeci de aminoacizi, aproape întotdeauna sub formă de izomeri L[i], deși există câteva sute de alți aminoacizi.

Seria de reacții chimice cunoscute drept căi metabolice, prin care susțin forme de viață foarte diferite, sunt foarte asemănătoare.[ii]

Biochimia care operează în toate formele de viață provine cel mai probabil din prima formă de viață de pe Pământ, pornind de la care au evoluat toate celelalte forme.

GENETICA

În capitolul 14, am văzut că toate formele de viață existente au în comun aproximativ o sută de gene, dar analizele ce permit aprecierea pierderii de gene la nivel de linie de descendență sugerează existența unui strămoș comun universal care a avut probabil de zece ori mai multe gene.[iii] Faptul că există și numai o sută de gene comune sugerează evoluția dintr-o primă formă de viață de pe Pământ.

Această idee e susținută de descoperiri mai recente potrivit cărora gene precum Pax-6 și cele din familia Hox reglează dezvoltarea unor structuri

---

[i]) Vezi pagina 267.

[ii]) Vezi paginile 265–270 pentru o descriere mai detaliată a structurilor și reacțiilor chimice.

[iii]) Vezi pagina 262.

corporale foarte diferite la o gamă largă de specii și sunt interschimbabile între specii.

Totuși, atunci când discutăm despre gene este important să recunoaștem că o genă nu e o simplă secvență liniară de ADN care codifică producerea unei anumite proteine sau molecula de ARN, așa cum se credea atunci când a fost dezvoltat modelul neodarwinian. În 1977, specialiștii în biologie moleculară Richard J. Roberts și Phillip A. Sharp au descoperit în mod independent că genele eucariotelor sunt separate din punct de vedere funcțional în segmente codificante, numite *exoni*, care sunt întrerupte de secvențe necodificante de ADN, numite *introni*. Folosirea sau excluderea diferiților exoni permite crearea mai multor proteine pornind de la o singură genă.

Deși concluziile sale, publicate în 1951, au fost luate în derâdere la vremea respectivă, Barbara McClintock, care lucra la Cold Spring Harbor Laboratory, a identificat „gene săltărețe" sau ceea ce azi numim transpozoni. Este vorba despre fragmente de ADN capabile să se deplaseze sau să se transpună fie decupându-se și inserându-se, fie reproducându-se și inserând copii ale lor însele în diferite poziții din cromozom sau chiar în cromozomi diferiți. Un transpozon poate bloca funcția unei secvențe ADN cu care se îmbină producând o mutație.

În 1955, McClintock a sugerat că aceste elemente mobile ale genomului pot juca un rol regulator, determinând care gene sunt activate și când. În 1969, specialistul în biologie moleculară Roy Britten și specialistul în biologie celulară Eric Davidson au speculat că transpozonii joacă un rol nu numai în reglarea expresiei genei, dar și în generarea diferitelor tipuri de celule și a diferitelor tipuri de structuri, în funcție de locul din genom în care se inserează. Ei sunt de părere că acest lucru ar putea să explice în parte de ce un organism pluricelular are atât de multe tipuri diferite de celule, țesuturi și organe, deși toate celulele sale împărtășesc același genom.

Ortodoxia biologică a respins aceste sugestii, dar studiile din primul deceniu al secolului XXI au arătat că există mulți transpozoni împărtășiți de grupuri taxonomice foarte îndepărtate și că aceștia se găsesc (de obicei în cantități mari) în aproape toate organismele atât procariote, cât și eucariote. De exemplu, ei reprezintă aproximativ 50% din genomul uman și până la 90% din genomul porumbului. În plus, transpozonii pot influența transcripția genelor.[16]

În 2012, proiectul ENCODE (Encyclopedia of DNA Elements), un studiu al genomului uman desfășurat pe o perioadă de nouă ani și la care au muncit 440 de cercetători din 32 de laboratoare din întreaga lume, a raportat că genele ar putea fi răspândite pe tot cuprinsul unui genom, că regiuni vaste de codificare a proteinelor se suprapun cu alte gene și că regiunile regulatoare nu trebuie sa fie situate în apropierea secvenței de codificare a mole-

culei liniare sau chiar în același cromozom. În plus, în timp ce ADN-ul codificator de proteine reprezintă abia 2% din genom, aproximativ 80% dintre bazele studiate – „ADN-ul deșeu" – au manifestat semne de activitate funcțională. O mare parte din aceste procese par să aibă de-a face cu rețele complexe de colaborare care reglează expresia genelor.[17]

Aceste cercetări au confirmat cercetările lui McClintock, Britten și Davidson, impunând o reevaluare a conceptului de genă și a funcției așa-numitului „ADN deșeu" – ce constituie 98% din genomul uman –, noțiune care s-a impus timp de aproape 50 de ani.

GENOMICA

Aceste studii ce au pus sub semnul întrebării paradigma au fost posibile grație dezvoltării tehnologice din secolul XXI, care a permis secvențierea nu numai a genelor individuale, dar și a întregului genom[i] al unui organism, a întregului său conținut genetic.

Până în 2009, a fost secvențiat genomul a aproximativ 2.000 de organisme și al mult mai multor viruși, ceea ce a permis analize și comparații între specii diferite mult mai precise decât permit genele individuale. Acestea au arătat, de exemplu, că la procariote aproximativ 98% din genom codifică proteine structurale, în vreme ce la eucariote numai aproximativ 2% din genom are o asemenea funcție.

În 2003, a fost secvențiat genomul uman și s-a observat, printre multe alte lucruri, că nu posedăm 100.000 de gene, cum se crezuse anterior, ci probabil numai în jur de 30.000, reevaluate între timp la aproximativ 25.000, unele având mai multe cópii. Proiectul „Genomul Uman" explică:

> Deși proiectul este complet, multe întrebări rămân încă fără răspuns, inclusiv funcția majorității celor 30.000 de gene umane estimate. Pe de altă parte, cercetătorii nu cunosc încă rolul polimorfismelor uninucleotidice [modificări ale unei singure perechi de baze din interiorul genomului] sau rolul regiunilor necodificante și repetițiilor din genom.[18]

Nu numai că omul are aproape același număr de gene precum șoarecele, dar alte date arată că este vorba de nici jumătate din numărul de gene ale soiurilor de orez *japonica* și *indica*. Aceste descoperiri au provocat o reacție generală rezumată de scriitorul Matt Ridley după cum urmează: „O detronare la o asemenea scară nu s-a mai întâmplat de când Copernic ne-a scos din centrul sistemului solar."[19]

---

[i]) Vezi glosarul pentru o definiție mai detaliată.

Tabelul 18.1 Comparație între genomurile unor specii diferite

Specii	Numărul estimat de perechi de baze ADN per genom	Numărul estimat de gene	Numărul mediu de perechi de baze ADN per genă	Numărul de cromozomi
Homo sapiens (om)	3,2 miliarde	~25.000	130.000	46
Mus musculus (șoarece)	2,6 miliarde	~25.000	100.000	40
Drosophila melanogaster (musculița de oțet)	137 milioane	13.000	11.000	8
Arabidopsis thaliana (plantă)	100 milioane	25.000	4.000	10
Caenorhabditis elegans (vierme cilindric)	97 milioane	19.000	5.000	12
Saccharomyces cerevisiae (drojdie)	12,1 milioane	6.000	2.000	32
Escherichia coli (bacterie)	4,6 milioane	3.200	1.400	1

Sursa: Proiectul „Genomul Uman".

O astfel de reacție a fost întărită de celebrele statistici care arată că oamenii împărtășesc 98,5% din gene cu cimpanzeii, 90% cu șoarecii, 85% cu peștele-zebră, lung de 4-6 centimetri, 36% cu *Drosophila melanogaster* și aproximativ 21% cu *Caenorhabditis elegans*, un vierme cilindric de un milimetru.

Această reacție se bazează însă pe trei erori. În primul rând, rezultatul potrivit căruia oamenii împărtășesc 98,5% din gene cu cimpanzeii e obținut pornind de la o diferență estimată de 1,5% între secvențele nucleotidice ale genelor cu presupuse funcții asemănătoare. Însă studiile care iau în calcul pierderile de gene, inserțiile de gene și duplicările arată că, în privința genelor complementare, între om și cimpanzeu există o diferență de cel puțin 6%.[20]

În al doilea rând, nu compară lucruri asemănătoare. De exemplu, plantele depind de duplicarea genelor pentru a obține diversitate proteică, în timp ce la oameni diversitatea proteică este asigurată printr-un proces de îmbinare alternativă: o singură genă face mai multe lucruri, iar genele sunt în mod constant divizate și îmbinate, având secvențe și funcții diferite. În consecință, funcționarea genelor umane produce un organism mult mai complex decât cel al unei plante de orez.

În al treilea rând, se presupune că gradul de înrudire între specii este cel mai bine măsurat prin numărul de gene comune, ignorându-se aproximativ 98% din ADN-ul cromozomial al eucariotelor, în special secvențele regulatoare ce determină când, în ce măsură și pentru cât timp sunt activate genele și, în consecință, caracterele observabile ale organismului.

Secvențierea genomului ne arată acum că duplicarea pe scară largă a genelor și chiar duplicarea întregului genom contribuie semnificativ atât la expansiunea familiei de gene, cât și la evoluția genomului.[21]

Genomica a mai evidențiat o incoerență a modelului biologic ortodox, pe care am menționat-o anterior: la procariote au loc transferuri orizontale de gene, inclusiv între specii care nu sunt strâns înrudite.[22] Potrivit biochimistului Ford Doolitle, de la Universitatea Dalhousie, analizele genomice au arătat că, cel puțin în cazul procariotelor, transferul orizontal de gene a jucat un rol major în dezvoltarea evolutivă, spre deosebire de transferul vertical de la celula-mamă la celula-fiică.[23]

Transferul orizontal de gene are loc și la eucariote, deși într-o măsură mult mai mică decât la procariote. Totuși, acest transfer a contribuit semnificativ la apariția eucariotelor. În plus, hibridizarea plantelor și animalelor este, în fond, un transfer orizontal masiv de gene. Aceste descoperiri recente din domeniul geneticii și genomicii nu invalidează fenomenul evoluției biologice, ba chiar întăresc dovezile în favoarea sa. Însă pun sub semnul întrebării eficacitatea explicării sale prin apelul la modelul neodarwinian.

CONCLUZII

1. Speciile vii formează un tipar de complexitate tot mai crescută de la bacterii la om.
2. Dovezile oferite de structurile omologe, de vestigii, de embriologie, de biogeografie, de biochimie, de genetică și de genomică sugerează că speciile vii au evoluat dintr-un strămoș universal comun de pe Pământ.
3. Multe specii suferă variații reversibile ca reacție la modificările mediului înconjurător, dar modificările reversibile nu sunt o evoluție a speciilor (unele varietăți sunt clasificate de unii biologi drept noi specii; aceste decizii sunt discutabile și umbresc înțelegerea elementelor care caracterizează o nouă specie).

CAPITOLUL 19

Dovezile evoluției biologice 3: comportamentul speciilor vii

> S-a spus pe drept cuvânt că întreaga natură este în stare de război; cei mai puternici izbândesc în cele din urmă, iar cei mai slabi eșuează [...]. Dura și neîncetata luptă pentru existență va face ca acele variații favorabile, oricât de slabe, să fie păstrate sau selectate, iar cele nefavorabile să fie distruse.
>
> —Charles Darwin, 1868[i]

> Acele specii care în mod voluntar sau involuntar renunță la [sociabilitate] sunt condamnate la degradare; în timp, animalele care știu cel mai bine să se combine au cele mai mari șanse să supraviețuiască și să evolueze [...]. Cele mai adaptate animale sunt astfel și cele mai sociabile, iar sociabilitatea pare să fie principalul factor al evoluției.
>
> —Piotr Kropotkin, 1914

Zoologia a dat naştere etologiei, o subdisciplină ce studiază comportamentul animalelor, atunci când observațiile naturaliștilor asupra animalelor din sălbăticie au început să cuprindă experimente menite să investigheze caracteristicile, cauzele, mecanismele, dezvoltarea, controlul şi istoria evolutivă a comportamentului acestora.

Se consideră în general că austriacul Konrad Lorenz şi britanicul de origine olandeză Niko Tinbergen au pus bazele acestei științe în anii ’20 şi ’30. Experimentele lui Lorenz pe rațe şi gâşte au arătat că puii proaspăt ieşiți din găoace dezvoltă un repertoriu de comportamente declanşate de stimuli specifici emişi de părinte sau de un substitut al părintelui. Astfel de tipare comportamentale ireversibile, susținea Lorenz, reprezintă o caracteristică a speciei la fel de specifică precum penajul. Lorenz şi Tinbergen considerau că dacă indivizii unei specii au o lungă istorie de reacții avantajoase la anumiți stimuli, în special la cei asociați cu supraviețuirea şi reproducerea, atunci selecția naturală favorizează adaptările care vor spori receptivitatea la aceşti stimuli. Astfel, un ghidrin mascul va ataca un alt mascul din cauza culorii roşii a acestuia, dar va curta o femelă datorită

[i]) Traducere de Eugen Margulius (*n. red.*).

abdomenului său argintiu și bombat. Alte tipuri de comportament ar putea fi însă învățate prin experiență.

De atunci, etologia s-a ramificat într-o varietate de subdiscipline specializate precum studiul comportamentului anumitor specii, teoria istoriei vieții, ecologia evoluționistă, ecologia comportamentului și sociobiologia – care au condus la o extindere a cercetării către evoluția socială –, în timp ce alte tendințe din etologie au interacționat cu diferite alte discipline științifice pentru a genera domenii hibride precum învățarea socială, psihologia comparată, etologia cognitivă și neuroetologia.

Aceste abordări specializate, analitice și teoretice, pot oferi perspective valoroase în domeniul comportamentului animal, deși nu există un consens foarte larg nici în interiorul, nici între aceste domenii. Eu vreau în schimb să fac un pas înapoi și să examinez ce fel de tipare evolutive generale, dacă există vreunul, sunt evidențiate de aceste studii specializate.

SPECIILE UNICELULARE

Membrii multor specii unicelulare manifestă forme primitive de comportament social pe care Kropotkin le-a descris la începutul secolului XX cu referire la o serie de specii animale[i], cum ar fi comunicarea și munca în echipă pentru construirea unui adăpost comun, producerea și creșterea urmașilor, căutarea hranei, apărarea, atacarea prăzii și migrarea spre locuri mai favorabile supraviețuirii și reproducerii.[1]

Cele mai multe specii de bacterii sunt capabile să formeze comunități cum ar fi coloniile microbiene sau biopeliculele, adesea protejate de o matrice formată din excreții bacteriene. Biopeliculele conțin foarte rar o singură specie bacteriană, cu atât mai puțin o singură filiație clonală. Placa dentară, de exemplu, poate conține până la 500 de specii de bacterii. Ca și în cazul insectelor sociale, biopeliculele pot de asemenea servi ca locuri de reproducere.[2]

Mixobacteriile, precum *Myxococcus xanthus*, se implică în atacuri colective asupra prăzii microbiene, pe care o copleșesc numeric, o dezintegrează cu ajutorul enzimelor bacteriene și o consumă.

Comunicarea este exemplificată prin ceea ce este cunoscut sub numele de „detectare a cvorumului". Bacteriile eliberează molecule semnalizatoare în jurul lor și posedă de asemenea receptori pentru acest tip de molecule. Atunci când receptorii lor înregistrează un număr suficient de astfel de molecule – care măsoară densitatea populației locale – are loc o reacție coordonată, cum ar fi activarea unor gene ce controlează producerea și excreția de

[i]) Vezi paginile 322–324.

polizaharide pentru biopeliculă sau enzime care digeră prada în folosul tuturor membrilor populației sau care generează luminiscență.[3]

Amiba *Dictyostelium discoideum*, care în mod obișnuit duce un trai solitar și unicelular în solul umed și se hrănește cu bacterii, ilustrează migrarea și reproducerea realizate în colaborare. Atunci când sunt lipsite de surse de hrană, aproximativ o sută de celule se grupează pentru a forma o masă compactă ce migrează către suprafață, unde formează o tulpină care are în vârf un *sorus*, adică o bilă de celule reproducătoare ce împrăștie spori unicelulari. Aproape 20% dintre celulele care formează această agregare nu se înmulțesc, ci mor într-un act aparent altruist.

Specialistul în genetică bacteriană James Shapiro, care a studiat în amănunt comportamentul social al bacteriilor, conchide că, în cazul acestor microorganisme, colaborarea (nu numai dintre indivizii aceleiași specii, ci și dintre specii diferite) are un rol determinant în supraviețuirea lor.[4]

SPECIILE PLURICELULARE

Un organism pluricelular este format din celule eucariote. Fiecare dintre aceste celule constă în câteva părți acoperite de membrană care au funcții specifice, precum nucleul, care controlează și coordonează celelalte părți sau organite, de exemplu mitocondriile unde este generată energia (vezi figura 19.1). O celulă eucariotă este, în esență, o colecție de organite, provenite de la procariote diferite ce colaborează pentru a menține în viață celula și a asigura reproducerea ei.

Un grup de astfel de celule, numit țesut, colaborează pentru a îndeplini o funcție specifică, cum ar fi țesutul muscular care se contractă și se relaxează. În mod asemănător, mai multe tipuri de țesuturi cooperează pentru a forma un organ cu rol specific, precum inima care pompează sângele, iar diferite organe cooperează la un nivel și mai înalt. De fapt, un organism este alcătuit, la mai multe niveluri, din părți care colaborează pentru a menține întregul în viață și capabil de reproducere.

Biologii evoluționiști David Queller și Joan Strassmann sugerează că „esența oricărui organism constă în acest scop împărtășit; părțile lucrează la un loc pentru întregul integrat, cu un nivel înalt de cooperare și un nivel scăzut de conflictualitate“[5]. Această activitate direcționată se potrivește cu definiția vieții sugerată la pagina 253.

GENELE

Colaborarea se extinde până la nivelul genelor. Am văzut în capitolul anterior cum gena Pax-6 controlează și coordonează activitatea a până la 2.000

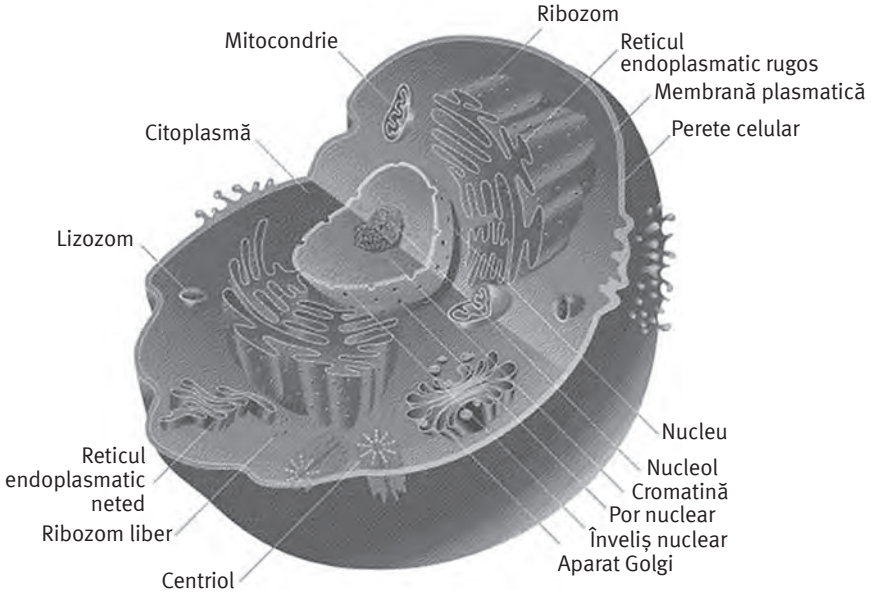


Figura 19.1 Celulă eucariotă simplă.

de alte gene pentru a dezvolta ochiul.[i] Acesta este numai un exemplu al unui fenomen larg răspândit în cadrul căruia unele gene lucrează împreună sub controlul altor gene regulatoare pentru a dezvolta un organ sau pentru a îndeplini o funcție specifică. Unele dintre cel mai intens studiate gene regulatoare sunt cuprinse în familia Hox, care colaborează pentru a coordona dezvoltarea părților corpului la aproape orice animal cu simetrie bilaterală studiat până acum.[6]

Printre alte cercetări recente se numără un studiu din 2010 care ajunge la concluzia că inteligența umană este controlată de o rețea de mii de gene în care fiecare dintre ele are doar o mică contribuție, și nu doar de câteva gene puternice, așa cum se credea înainte.[7]

Colaborarea nu reprezintă singurul comportament al unui organism. Atunci când o serie de gene regulatoare nu mai funcționează, de obicei din cauza unor mutații, celulele se pot reproduce necontrolat, iar astfel de celule canceroase intră în competiție cu alte celule pentru propria supraviețuire și le distrug. Totuși, competiția este mai curând excepția decât regula într-un organism.

[i]) Vezi pagina 364.

PLANTELE

De obicei, plantele nu sunt luate în considerare în studiul comportamentului[i], dar fără colaborare cele mai multe dintre ele nu ar reuși să se înmulțească, deoarece nu se pot autopoleniza. Deși polenul este adus uneori de vânt pe pistilul unei plante, de obicei este cărat de insecte, păsări și chiar de unele mamifere (în special lilieci). Această colaborare are de obicei beneficii reciproce: organismul care transportă polenul bea nectarul sau, ca în cazul albinelor, păstrează o parte din polen. Unele flori emit mirosul unor alimente, cum ar fi nuca de cocos, pentru a atrage insectele care le polenizează, în timp ce unele specii de orhidee au flori care mimează imaginea și mirosul unei viespi femele, pentru a atrage masculi.

INSECTELE

Insectele sunt probabil cele mai studiate organisme. Majoritatea speciilor de furnici, viespi, albine (ordinul *Hymenoptera*) și termite (ordinul *Isoptera*, deși unii cercetători le includ acum în subordinul *Dictyoptera*, alături de gândaci) colaborează într-un mod atât de coordonat, încât sunt numite de obicei insecte sociale.

Deși unele specii de albine sunt solitare, membrii celor mai multe specii trăiesc în colonii care, în cazul albinelor tropicale fără ac, pot să cuprindă până la 180.000 de indivizi. O colonie de albine lucrează împreună amestecând ceara pe care o secretă cu rășini de plante pentru a construi și menține un stup elaborat alcătuit din grupuri de alveole hexagonale cu pereți fini, numite faguri, și din zone separate pentru creșterea larvelor și pentru înmagazinarea mierii și polenului, la care se adaugă un spațiu de reciclare, toate acestea fiind înconjurate de o sinuoasă structură de susținere.

Furnicile cultivatoare de fungi din America Centrală sapă cuiburi în sol ce se întind pe sute de metri lungime și până la șase metri adâncime, cu câteva mii de intrări și cu aproximativ o mie de camere.

Termitele construiesc de regulă movile protectoare alcătuite dintr-o substanță asemănătoare cimentului făcută de muncitoare din pământ amestecat cu propria salivă. Galeriile sunt răcorite printr-un sistem de ventilare prin umezirea permanentă a pereților cu salivă și cavități tubulare ce permit

[i]) Totuși, o evaluare din 2009 a cercetărilor recente axate pe neurobiologia plantelor afirmă că plantele sunt organisme sensibile și comunicative caracterizate printr-un comportament activ de rezolvare a problemelor. Se argumentează că aceste concluzii sunt controversate din cauza tendinței de a păstra cu strășnicie în știință dogme vechi și depășite. (František Baluška *et al.*, „The «Root-Brain» Hypothesis of Charles and Francis Darwin", *Plant Signaling & Behavior*, nr. 4/12, 2009, pp. 1121–1127).

aerului fierbinte să se ridice și să iasă la suprafața movilei prin mici orificii. În centrul cuibului se află camera regală, în care regele – singurul mascul fertil al coloniei – și regina locuiesc și se împerechează. În jurul acestei încăperi se găsesc camerele pentru larve, în care lucrătoarele duc larvele. Camerele de depozitare a hranei sunt legate prin tunele, iar deasupra acestora se află grădinile de fungi, în care este cultivată hrana.

În pofida diferențelor specifice între comportamentul multor specii de insecte sociale, există un tipar general recognoscibil.

a. *Colonia ierarhică*
   Insectele sociale trăiesc și lucrează împreună ca o colonie ierarhică de membri interdependenți într-un cuib, un stup sau un mușuroi pe care l-au construit.
b. *Diviziunea muncii*
   De obicei, numai una sau mai multe regine (plus un rege în cazul termitelor) produc urmași, în timp ce lucrătoarele sunt de regulă specializate în sarcini precum construirea și menținerea cuibului, căutarea hranei, hrănirea larvelor, păzirea și apărarea coloniei. De exemplu, o colonie de albine melifere poate conține până la 50.000 de femele care au ovare dezvoltate și pot depune ouă. Dar toate femelele și 99,9% dintre masculi sunt progeniturile unei singure femele, regina. Celelalte femele au rolul de lucrătoare, în timp ce masculii sau trântorii sunt de obicei lipsiți de ac, nu produc miere, nu muncesc, singura lor funcție fiind aceea de a se împerechea în zbor cu regina.
c. *Diferențierea morfologică*
   În multe cazuri, membrii coloniei au caracteristici morfologice adaptate rolului pe care îl îndeplinesc, cum e cazul reginelor de dimensiuni mari, care au o mare capacitate de reproducere. În cazul himenopterelor, de exemplu, regina trebuie să fie suficient de mare încât să depoziteze și să mențină în viață milioane de spermatozoizi rezultați în urma unei singure împerecheri în zbor și apoi să-i folosească pe o perioadă de 20 de ani pentru a-și fertiliza ouăle pe care le depune.
d. *Modificarea capacității reproductive*
   În timp ce reginele dezvoltă abilități reproductive crescute, lucrătoarele de regulă pierd capacitatea de a se împerechea și astfel pot depune numai ouă nefertilizate, haploide, din care rezultă masculi. În cazul unor genuri de furnici și albine fără ac, lucrătoarele sunt complet sterile.
e. *Controlul și coordonarea*
   Diviziunea muncii este coordonată și întărită. Albinele lucrătoare construiesc o celulă mai mare pentru a crește o regină pe care o hrănesc cu

lăptișor de matcă, în timp ce restul larvelor sunt hrănite insuficient, pentru a nu se dezvolta în regine. În cazul albinelor fără ac din genul *Melipona*, toate larvele sunt plasate în alveole identice și primesc același tip de hrană; apoi, când din aceste larve apar adulții, lucrătoarele omoară reginele suplimentare. La multe specii ouăle depuse de lucrătoare sunt consumate de alte lucrătoare – 98% dintre ele, în cazul albinelor – sau de regină. Lucrătoarele care depun ouă pot fi chiar atacate.[8]

f. *Altruismul*

Unele insecte manifestă un comportament aparent altruist. O albină lucrătoare își folosește acul pentru a-și apăra colonia chiar dacă desprinderea acului duce la propria moarte. Cei mai mulți biologi evoluționiști și etologi descriu reducerea sau pierderea capacității reproductive a lucrătoarelor în favoarea reproductivității sporite a reginei drept altruism. Totuși, când un astfel de comportament este forțat, nu mai e vorba de altruism în înțelesul obișnuit al cuvântului.

altruism Comportament caracterizat printr-o preocupare dezinteresată pentru binele celorlalți.

Colaborarea voluntară pentru beneficiul reciproc este diferită de colaborarea forțată, tot așa cum erau și societățile cooperative voluntare de țărani din Siberia observate de Kropotkin față de fermele colective aflate sub control central din perioada sovietică. Cred că este bine să se facă deosebire între cele două cazuri, astfel încât voi folosi următorii termeni:

cooperare Colaborare voluntară pentru atingerea unor obiective stabilite în comun sau pentru beneficiul reciproc.

colectivizare Colaborare involuntară determinată de instinct, de învățare condiționată sau de coerciție.

Comportamentul insectelor sociale este instinctiv și, astfel, e foarte probabil moștenit și selectat genetic, așa cum au sugerat Lorenz și Tinbergen. Totuși, pe măsură ce speciile devin mai complexe observăm apariția și dezvoltarea comportamentului învățat.

PEȘTII

Experimentele de laborator de la începutul secolului XXI arată că peștii introduși într-un grup străin copiază obiceiurile noului grup în ceea ce privește respectarea anumitor rute, preferința pentru o anumită hrană și folosirea unor locuri specifice pentru hrănire și împerechere. O astfel de adoptare a

unor tipare de comportament se petrece mult prea rapid pentru a fi rezultatul selecției naturale a unor comportamente determinate genetic în scopul celei mai bune adaptări la mediu.[9] Conform etologului Kevin Laland, de la Universitatea St. Andrews, astfel de comportamente învățate social încalcă una dintre supozițiile fundamentale ale neodarwinismului. În plus, sunt „menținute ca «tradiții» de-a lungul mai multor generații".[10]

SURICATELE

Mamifere nonprimate de talie mică din regiunile aride ale Africii de Sud, suricatele trăiesc în colonii sociale care ajung până la 40 de indivizi. Aceste grupuri conțin o femelă și un mascul dominanți care sunt părinții a peste 80% dintre puii grupului, la care se adaugă un număr variabil de masculi și femele în vârstă de peste trei luni care ajută la creșterea puilor și la îndeplinirea altor funcții sociale, cum ar fi aceea de santinele ce dau alarma în cazul apariției prădătorilor, în timp ce restul grupului se purică, se joacă sau caută hrană.

Achiziția hranei într-un astfel de mediu necesită abilități considerabile, iar observațiile și experimentele pe suricate în mediul lor natural au arătat nu numai că indivizii învață prin încercare și eroare și prin comportament deprins social[11], dar și prin intermediul adulților care le arată puilor cum să vâneze în siguranță, aducându-le scorpioni ca să exerseze.[12]

PRIMATELE

Asemenea altor specii mai puțin complexe, unele primate omoară indivizi ai altor specii pentru a se hrăni, dar în general dieta lor e alcătuită cu precădere din fructe și vegetație.

În cadrul propriei specii, primatele manifestă un comportament competitiv și agresiv ce are adesea drept rezultat moartea, mai ales atunci când masculii intră în competiție între ei pentru femele, teritorii sau resurse. La gorile și cimpanzei, care reprezintă cele mai studiate specii, un astfel de comportament se extinde adesea și la infanticid, atunci când un mascul preia conducerea grupului și ucide puii mici ai altui mascul. Dar primatele sunt și animale sociale care trăiesc în grup, iar în cadrul grupului agresivitatea este adesea mai curând o paradă decât o confruntare reală. Colaborarea este cel puțin tot atât de semnificativă cât competiția pentru propria supraviețuire și reproducere, manifestându-se sub forma unor comportamente precum apărarea în fața prădătorilor, vânătoarea, creșterea puilor și migrația. Este întărită prin toaletare reciprocă și prin joacă.

În urma studiilor asupra comportamentului urangutanilor, primatologul Carel van Scaik conchide că inteligența depinde mai mult de oportunitățile de transmitere socială decât de mediul înconjurător sau de gene și că specia ce are mai multe ocazii de învățare socială este mai inteligentă.[13] În opinia lui Laland, învățarea socială și inteligența primatelor nonumane, măsurate prin inventarea mai multor soluții noi pentru rezolvarea unor probleme, cresc proporțional cu dimensiunea creierului.[14] În urma comparării a 62 de specii de primate, etologul cognitivist Simon Reader conchide la rândul lui că învățarea socială evoluează odată cu creșterea dimensiunii creierului și cu inteligența generală.[15]

Acestea și multe alte studii din prima decadă a secolului XXI extind și întăresc observațiile formulate de Kropotkin în urmă cu peste o sută de ani.

> Ajutorul reciproc este o lege a vieții animale la fel de valabilă precum lupta reciprocă, dar ca factor al evoluției are foarte probabil o importanță mult mai mare, în măsura în care favorizează obiceiuri și caractere ce asigură menținerea și dezvoltarea ulterioară a speciei, împreună cu cea mai mare cantitate de bunăstare și satisfacție pentru individ și cât mai puțină risipă de energie.[16]

Și:

> Din acest motiv, în vârful fiecărei clase de animale găsim furnicile, papagalii și maimuțele, care combină cea mai mare sociabilitate cu cea mai dezvoltată inteligență. Cele mai adaptate animale sunt astfel și cele mai sociabile, iar sociabilitatea pare să fie principalul factor al evoluției.[17]

Astfel de comportamente nu se potrivesc cu modelul neodarwinian, care se bazează pe competiție. Într-un capitol viitor voi examina diferitele ipoteze pentru explicarea comportamentului cooperativ prin extinderea acestui model.

ASOCIERILE DINTRE SPECII

Comportamentul dintre specii este adesea marcat de competiția pentru resurse și de predatorism. Totuși, asocierile dintre membrii unor specii diferite sunt larg răspândite. Ele îmbracă trei forme. Comportamentul parazitar apare atunci când un membru obține beneficii în timp ce celălalt este prejudiciat, ca în cazul viermilor lați ce invadează ochii cleanului pentru a găsi hrană și adăpost, în timp ce gazdei îi este afectată vederea. Comportamentul comensal, în care un membru câștigă în timp ce celălalt nu e afectat, este rar

întâlnit. Mult mai frecvente sunt asocierile cooperative, în care beneficiile sunt reciproce. Am descris mai sus polenizarea. Un alt exemplu de cooperare între specii sunt asocierile ce au ca scop curățarea, ca în cazul peștilor din specia *Labroides dimidiatus*, care se hrănesc cu paraziți de pe corpul unor pești prădători de talie mare care în alte circumstanțe i-ar devora.[18]

CONCLUZII

1. Colaborarea este o cauză mult mai importantă decât competiția în dezvoltarea și supraviețuirea organismelor și este extinsă la fiecare nivel al vieții.
   1.1. Genele colaborează pentru dezvoltarea unui organism, adesea fiind reglate de alte gene care colaborează la rândul lor.
   1.2. Un organism unicelular este alcătuit din părți care îndeplinesc funcții specifice și care colaborează pentru a menține și reproduce organismul.
   1.3. O celulă eucariotă e alcătuită dintr-un nucleu care controlează colaborarea dintre părțile celulare sau organitele ce desfășoară funcții specifice pentru menținerea și reproducerea celulei, în timp ce organismele pluricelulare sunt alcătuite dintr-o ierarhie de grupuri celulare care colaborează pentru a menține organismul și pentru a produce urmași.
   1.4. Membrii multor specii animale cooperează în grupuri sociale pentru supraviețuirea colectivă.
   1.5. În timp ce membrii unei specii se asociază în formă parazitară cu membrii altei specii, asocierile cooperative dintre membrii diferitelor specii pentru beneficii reciproce sunt larg răspândite.
2. În cazul speciilor unicelulare și animale, colaborarea ia în principal forma unei grupări din cadrul unei specii ce comunică și lucrează laolaltă pentru a construi un adăpost comun, pentru a produce și crește urmași, pentru a căuta hrană, pentru a se apăra, pentru a ataca prada și pentru a migra într-un mediu propice supraviețuirii și reproducerii. În unele cazuri, diferite grupuri din cadrul aceleiași specii sau chiar din cadrul unor specii înrudite colaborează pentru un beneficiu comun, în special în timpul migrațiilor.
3. În cazul animalelor, grupul se bazează de obicei, dar nu în mod exclusiv, pe rudenie și are o diviziune ierarhică a muncii adesea dominată de una sau mai multe femele și de un mascul care se reproduc, în timp ce restul indivizilor desfășoară activități specializate.
4. Tiparele comportamentale specifice, asociate în special cu supraviețuirea și reproducerea, sunt de obicei instinctive; ele sunt conforme

cu o istorie evolutivă a reacțiilor avantajoase la anumiți stimuli care au fost transmise urmașilor.

5. În coloniile unor specii mai simple, precum insectele, colaborarea între indivizii cu specializări diferite este de obicei forțată. În aceste cazuri, un singur membru sau un număr limitat de membri dobândesc capacități reproductive deosebite, în timp ce lucrătoarele suferă o reducere a capacităților reproductive sau chiar sterilitatea. Deși s-ar părea că există exemple de altruism în sensul comun al termenului, colaborarea instinctivă sau forțată poate fi considerată mai degrabă colectivism decât cooperativism, în cadrul căruia colaborarea este voluntară sau are beneficii reciproce.
6. Pe măsură ce complexitatea unei specii crește, de la pești la primate, învățarea socială, care este mai eficientă decât învățarea individuală prin încercare și eroare, se dezvoltă pentru a completa comportamentul instinctiv; astfel de abilități învățate social pot fi moștenite.
7. În cadrul fiecărei clase, dezvoltarea învățării sociale se corelează cu creșterea complexității creierului, însoțită la rândul său de o inteligență crescută măsurată prin inventarea mai multor soluții noi pentru rezolvarea unor probleme.

CAPITOLUL 20

Descendența omului

> Știința are dovezi fără nici o certitudine. Creaționiștii au certitudini fără nici o dovadă. —Ashley Montagu, 1905–1999

ARBORI FILOGENETICI

Biologii evoluționiști au ajuns la concluzia că pentru reconstituirea evoluției biologice, inclusiv a liniei de descendență a omului, cea mai bună metodă este aceea de a clasifica linii sau grupuri de linii ale filiației evolutive. Această idee a dus la apariția cladisticii, subdisciplină care prezintă astfel de relații sub forma unor cladograme sau arbori filogenetici. Figura 20.1 prezintă un exemplu de cladogramă simplă.

Dacă fiecare majusculă reprezintă o specie, atunci la punctul de ramificare sau nodul *w* specia **A** se bifurcă în speciile **B** și **C**. La nodul *x*, specia **B** se bifurcă în speciile **D** și **E**, în timp ce la nodul *y* specia **C** se bifurcă în speciile **F** și **G/H**, iar la nodul *z* specia **G/H** se bifurcă mai departe în speciile **G** și **H**.

Rezultă că speciile **G** și **H** împărtășesc un strămoș comun, **G/H**, mai recent decât cel pe care îl împărtășesc cu **F**, în timp ce **G**, **H** și **F** împărtășesc un strămoș comun, **C**, mai recent decât cel pe care îl împărtășesc cu **E** sau **D.**

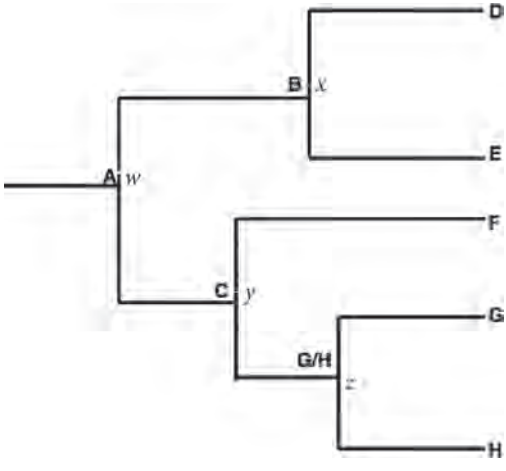


Figura 20.1 Arbore filogenetic simplu.

D, **E**, **F**, **C** și **H** împărtășesc o serie de caractere generale, ceea ce arată că au evoluat toate dintr-un strămoș comun mai îndepărtat, reprezentat de **A**. În general, lungimea ramurilor nu este semnificativă: arborii filogenetici evidențiază doar ramificările dintr-un strămoș comun.

În mod ideal, clasificările taxonomice tradiționale linneene și arborii filogenetici ar trebui să reprezinte grupuri identice. Cu toate astea, apar diferențe din mai multe motive, inclusiv interpretările fosilelor și neînțelegerile cu privire la caracterele care ar trebui folosite în determinarea gradelor de rudenie.

Ortodoxia biologică a adoptat poziția lui Woese, expusă la sfârșitul capitolului 16, conform căreia analiza genetică e mult mai precisă decât registrul fosil, decât morfologia și decât orice alte caractere.[i] În realitate, specialiștii în genetică moleculară analizează proteina sau produsul ARN al uneia sau mai multor gene omologe – gene moștenite de la un strămoș comun – ce aparțin unor specii diferite. De exemplu, în ediția din 2014 a *Encyclopædia Britannica Online*, fostul președinte al Asociației Americane pentru Progresul Științei, Francisco José Ayala, explică faptul că citocromul *c* (o proteină implicată în respirația celulară) este alcătuit din aceiași 104 aminoacizi care sunt dispuși în exact aceeași ordine la oameni și la cimpanzei, dar care diferă de citocromul *c* al maimuțelor rhesus cu un singur aminoacid, de cel al cailor cu 11 aminoacizi suplimentari și de cel al tonului cu 21 de aminoacizi suplimentari. „Gradul de asemănare reflectă vechimea strămoșului comun.“[1]

Biologii evoluționiști au mers mai departe și au dezvoltat tehnica ceasului molecular, care presupune că mutația aleatorie prin substituirea unei nucleotide cu o alta se produce într-un ritm liniar ce poate fi calibrat pornind de la registrul fosil, permițând astfel calcularea momentului bifurcării. În figura 20.1, de exemplu, dacă **D**, **E**, **F**, **G** și **H** reprezintă momentul actual, atunci lungimea ramurii orizontale legate de **B** reprezintă timpul scurs de când speciile **D** și **E** s-au bifurcat din specia **B**.

Abordarea neodarwinistă se bazează pe patru supoziții:

1. Genele omologe pot fi identificate fără ambiguitate.
2. Ramurile arborelui filogenetic se bifurcă doar odată cu trecerea timpului și nu se mai reunesc niciodată.
3. Singura cauză a evoluției biologice este acumularea graduală de mutații genetice.
4. Ritmul modificărilor genetice este liniar și reflectă ritmul evoluției biologice.

---

[i]) Vezi pagina 333.

Toate aceste supoziții sunt discutabile.

Așa cum am văzut în capitolul 18, gena nu e o simplă secvență de ADN ce codifică producerea unei proteine care determină o trăsătură a organismului. Cum putem să fim siguri că gena omologă selectată este reprezentativă pentru organism? În ce fel ia în calcul această abordare factori precum viteza de reparare a ADN-ului sau efectul alelelor recesive și duplicarea genelor? Sau matisarea genetică și transpozonii? Sau, ceea ce e și mai important, reglarea genetică, care controlează expresia genei și care determină astfel alcătuirea unui organism, morfologia sa și, într-o oarecare măsură, comportamentul său?

Cum alegi între genomul găsit în nucleu și genomurile din mitocondriile unei celule animale sau din cloroplastele unei celule vegetale pentru a reconstrui istoria evolutivă a unui organism? Cât de reprezentative sunt pentru o specie gena sau genele alese dintr-un singur organism? În ce fel ia în calcul această abordare dimensiunile populațiilor și impactul derivei genetice?

Cu peste 25 de ani înainte de exemplul citocromului *c* oferit de Ayala în ediția din 2014 a *Encyclopædia Britannica*, biochimistul Christian Schwabe subliniase consecințele comparării diferențelor moleculare ale relaxinei, un hormon peptidic răspunzător cu dilatarea canalului de naștere la mamifere și care astfel permite nașterea unor pui mai dezvoltați și cu un creier mai mare (depinzând de gradul în care este activată această genă). Secvența de aminoacizi din relaxina umană diferă față de cea întâlnită la porci, șobolani, rechinii-tigru și rechinii-câine în medie cu aproximativ 55%. Astfel, dacă arborele evolutiv s-ar construi pe baza modificărilor din compoziția moleculară a relaxinei, mamiferele ar fi trebuit să se desprindă de peștii cartilaginoși (clasă care include rechinii) fie cu 450 de milioane de ani în urmă (conform celor mai vechi fosile de pești cartilaginoși), fie cu 100 de milioane de ani în urmă (vechimea celor mai timpurii mamifere presupusă la vremea respectivă). De aici s-ar deduce că porcii și șobolanii s-au schimbat foarte puțin din acest punct de bifurcare, în timp ce linia evolutivă ce conduce la oameni a suferit mutații ce au o pondere de 55%. Pe de altă parte, registrul fosil indică o divergență enormă a speciilor animale în ultimele 65 de milioane de ani.

Schwabe a conchis că:

> Pare derutant că există atât de multe excepții de la progresia ordonată a speciilor, care e determinată de omologii moleculare. Există de fapt atât de multe, încât cred că excepția, ciudățenia, poate să conțină mesajul mai important.[2]

În 2006, Jeffrey H. Schwartz, un antropolog de la Universitatea din Pittsburgh, a adus o critică cuprinzătoare și nimicitoare la adresa supozițiilor subiacente, metodologiei, probelor de bază și concluziilor sistematicii moleculare. În opinia sa, „supoziția moleculară" nu e valabilă din punct de vedere biologic. Nu ia în considerare secvențele regulatoare ce determină morfologia eucariotelor și „în afară de mutațiile punctuale produse de radiațiile ultraviolete, în lumea fizică nu există alte surse constante de mutație, iar rata mutațiilor spontane este scăzută (aproximativ 1 din 10^{-8} până la 10^{-9})", în timp ce este mult mai puțin probabil ca mutațiile aleatorii să se petreacă în celulele germinale, singurele care au consecințe evolutive.[3]

Astfel, interpretarea variației în secvența moleculară nu e chiar atât de evidentă. În practică, divergențele evolutive dramatice se pot petrece doar cu mici modificări în secvență, în timp ce divergențele evolutive minore pot fi corelate cu modificări ample ale secvenței moleculare.

În plus, în ce fel ia în considerare această abordare evoluția celor mai numeroase specii de pe planetă – bacteriile și arheele – și transferul orizontal de gene între specii îndepărtate? După cum explica în 2009 bioinformaticianul Mark Ragan, de la Universitatea din Queensland, „un număr surprinzător de arbori genetici sunt parțial discordanți topologic unii cu alții și/sau cu relațiile recunoscute acum între organisme"[4]. Poziția lui Ragan este oglindită de observația din 2009 a biochimistului Ford Doolittle, de la Universitatea Dalhousie: „A devenit deja un truism plictisitor să spui că între arborii genetici ai procariotelor există mult mai multă neconcordanță decât ne-am fi putut imagina cu două decenii în urmă"[5].

Scopul acestei investigații este acela de a vedea dacă și cum a evoluat specia umană și ar fi satisfăcător să găsim un arbore filogenetic care să schițeze cum au evoluat oamenii de la prima formă de viață de pe Pământ. S-au construit numeroși astfel de arbori, precum cel ilustrat în figura 20.2, descris drept „arborele filogenetic al vieții unanim acceptat".

Totuși, fiecare dintre ei este diferit, deoarece se bazează pe date diferite, supoziții diferite, metodologii diferite, interpretări diferite și un registru fosil iremediabil de sărac.

Cercetătorii care folosesc analize moleculare și ceasuri moleculare diferite stabilesc perioade destul de diferite pentru aceleași bifurcări evolutive. De exemplu, estimarea momentului bifurcării genului *Pan* al cimpanzeilor și genului *Homo* variază între 2,7 și 13 milioane de ani.[6]

Astfel de arbori nu pot să explice speciația care se produce prin hibridizare în momentul când unele ramuri filogenetice se unesc, nici speciația instantanee produsă prin poliploidizare și nici evoluția celor mai numeroase specii, bacteriile și arheele, pentru care rețeaua de relații și transferul orizontal de gene între specii diferite a jucat un rol hotărâtor.

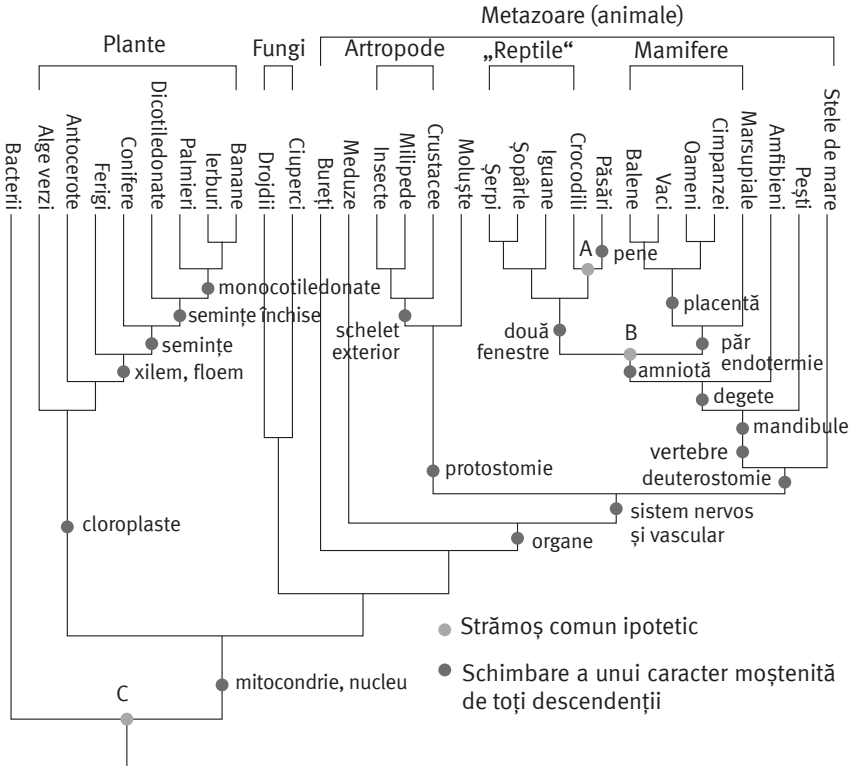


Figura 20.2 Arbore filogenetic ce pretinde că ilustrează evoluția tuturor formelor de viață dintr-un strămoș comun.

TAXONOMIA DESCENDENȚEI UMANE

În absența unui arbore filogenetic acceptat de majoritatea specialiștilor, Tabelul 20.1 reprezintă încercarea mea de a sintetiza descoperirile recente din cladistică, citologie, biologie moleculară, genomică, paleobiologie, paleontologie, bacteriologie, biologie evoluționistă și primatologie pentru a arăta ce se cunoaște despre filiația de la primele forme de viață de pe Pământ până la oameni. Acolo unde este posibil, această taxonomie folosește mai multe caracteristici în loc de una singură și recurge în mod necesar la judecăți de valoare cu privire la dezacordurile dintre diferitele ramuri ale biologiei și dintre specialiștii fiecăreia dintre aceste ramuri. De exemplu, nu s-a ajuns încă la un consens cu privire la numărul de regnuri (sau grupuri ancestrale echivalente numite „clade“) existente, 3, 4, 5 sau 6, și nu se știe sigur dacă acestea ar trebui separate într-un număr mai mic de supraregnuri

numite domenii. De dragul coerenței cu capitolele precedente ale acestei cărți, tabelul 20.1 folosește nomenclatura sistemului format din trei domenii.

Este util să subliniem două lucruri: în primul rând, cu cât ne întoarcem mai mult în timp, cu atât incertitudinea este mai mare; și, în al doilea rând, deși granițele dintre aceste grupuri taxonomice marchează apariția inovațiilor evolutive, așa cum se întâmplă în cazul tuturor emergențelor, aceste granițe sunt mai incerte.

În următoarele capitole voi lua în considerare cauza sau cauzele acestui tipar în evoluția biologică.

Tabelul 20.1 Taxonomia descendenței omului
Cele șapte ranguri taxonomice principale sunt scrise cu aldine; rangurile suplimentare, precum subclasa, sunt scrise cu aldine italice.

Clasificare	Nume	Caracteristici citologice, genomice, morfologice și comportamentale	Exemple
	Strămoș comun universal	Prima entitate independentă închisă sau celulă (sau poate rețea de protocelule), alcătuită din mai multe părți care lucrează împreună ca reacție la mediul înconjurător și pentru a extrage energie și materie din acesta cu scopul de a-și conserva existența și de a se reproduce.	Nici unul.
Domeniu	Bacterii și arhee	Organisme extrem de mici și de simple alcătuite dintr-o singură celulă, a cărei informație genetică este de obicei o buclă pliată de ADN dublu-elicoidal, neîncisă într-un nucleu prevăzut cu o membrană; celula poate să conțină una sau mai multe plasmide, catene circulare de ADN ce se pot replica independent și nu sunt răspunzătoare de reproducerea organismului. Cele mai multe se reproduc prin separarea în două cópii identice cu sine. Cele mai vechi își produc hrana prin chemosinteză sau fotosinteză, dar cele mai multe bacterii și arhee existente în prezent se susțin prin ingerarea de părți din alte organisme vii sau moarte. În general au pereți celulari rigizi și multe dintre ele sunt capabile să încorporeze ADN străin prin transfer orizontal de gene, chiar și de la specii neînrudite genetic. Multe manifestă o formă primitivă de comportament social pentru a supraviețui și a se reproduce.	Bacteriile și arheele actuale și strămoșii acestora, din care se presupune că ar fi evoluat eucariotele.
Domeniu	*Eukarya* (Eucariote)	Organisme alcătuite din una sau mai multe celule sau, mult mai des, din grupuri de celule ce colaborează, fiecare dintre ele conținând un nucleu înconjurat de o membrană, nucleu ce controlează acțiunea organitelor, componente celulare de mici dimensiuni și autonome care desfășoară funcții specifice în vederea menținerii și propagării organismului. Cele mai multe celule eucariote se reproduc dând naștere unor cópii identice, în timp ce majoritatea eucariotelor multicelulare se propagă prin reproducerea sexuată prin unirea unei celule sexuale a unui organism cu o celulă sexuală complementară provenită de la un alt organism, astfel încât urmașul conține gene de la ambii părinți.	Protoctiste, fungi, plante, animale.

Clasificare	Nume	Caracteristici citologice, genomice, morfologice și comportamentale	Exemple
Regn	*Animalia* (Animale)	Eucariote multicelulare cărora le lipsesc pereții celulari sau care au pereți celulari foarte permeabili și care posedă un sistem nervos. Cele mai multe sunt mobile (capabile de mișcare independentă) și se hrănesc cu alte organisme pentru a supraviețui.	Spongieri (adulții nu sunt mobili), viermi, insecte, pești, amfibieni, reptile, păsări și mamifere.
Încrengătură	*Chordata* (Cordate)	Animale ce conțin în anumite stadii de dezvoltare o structură asemănătoare unei baghete flexibile care susține corpul prevăzută deasupra cu un cordon nervos; de obicei, au un corp alungit cu simetrie bilaterală, cu o gură și organe de simț la extremitatea anterioară (frontală) și un orificiu excretor la celălalt capăt al corpului.	Vertebrate și nevertebrate marine strâns înrudite, precum peștii din ordinul *Amphioxiformes*.
Subîncrengătură	Vertebrate	Principala subîncrengătură a cordatelor, ai cărei membri au o coloană vertebrală segmentată și un cap. Marea majoritate a speciilor foarte vechi se reproduc prin fertilizarea externă a ovulelor. Multe vertebrate relativ recente sunt animale sociale ce trăiesc în familie sau în grupuri de familii colaborând uneori pentru beneficii reciproce, de exemplu în timpul migrării într-un habitat cu resurse mai bune. Manifestă învățare socială a cărei amploare se corelează cu complexitatea lor.	Pești, amfibieni, reptile, păsări și mamifere.
Clasă	*Mammalia* (Mamifere)	Vertebrate care respiră aer, au patru membre și își hrănesc puii cu lapte produs de glandele mamare. Se reproduc prin fecundare internă a ovulelor și – cu excepția celor mai vechi specii existente, monotremele, care depun de regulă două ouă de tip reptilian – nasc pui vii. Au sânge cald și sunt capabile să mențină temperatura corpului relativ constantă, indiferent de condițiile mediului înconjurător. Diversitatea dinților specializați le permite să fragmenteze hrana în bucăți mici. Cele mai multe specii trăiesc în grupuri sociale.	Monotreme precum ornitorincul, marsupiale precum cangurul și placentare precum cele mai multe mamifere.
Subclasă	*Eutheria* (Mamifere placentare)	Reprezintă aproximativ 94% din mamiferele actuale și își concep puii în interiorul aparatului reproducător al mamei, care-i hrănește prin intermediul unei placente de care fetusul e legat printr-un cordon ombilical. Acest lucru le permite să dea naștere unor pui relativ bine dezvoltați, ceea ce duce la o creștere a ratei de supraviețuire a ovulelor fertilizate comparativ cu cea întâlnită la non-mamifere.	De la cârtițe la om.

Clasificare	Nume	Caracteristici citologice, genomice, morfologice și comportamentale	Exemple
Ordin	Primate	Se diferențiază de celelalte mamifere placentare prin faptul că posedă un creier mai mare și mai complex (mai ales în privința centrilor vederii, memoriei și învățării), căi senzoriale complexe către creier și o vedere stereoscopică asigurată de poziționarea ochilor. Mâinile și picioarele cu câte cinci degete prehensile prevăzute mai curând cu unghii decât cu gheare le permit multora dintre ele să trăiască în copaci. Cele mai multe specii dau naștere de obicei unui singur pui și sunt animale sociale ce trăiesc în familii extinse sau trupe, manifestând un grad mai crescut de învățare socială decât celelalte mamifere.	Lemurieni, lorișI, tarsieri, maimuțe, maimuțe antropoide și oameni.
Suprafamilie	*Hominoidea* (Hominoide)	Primate cu un creier mai mare și mai complex, cu o față mai plată și un nas mai mic. Se bazează mai mult pe sensibilitatea vizuală decât pe cea olfactivă. Sunt lipsite de coadă și adoptă o poziție verticală când stau pe loc.	Giboni, marile maimuțe antropoide și oamenii.
Familie	*Hominidae* (Hominide)	Hominoizi de talie mare cu creier mai mare și mai complex, care manifestă un comportament inteligent, precum folosirea unor unelte foarte simple.	Marile maimuțe antropoide – urangutani, gorile, cimpanzei, bonobo –, oamenii, strămoșii lor și linii de descendență dispărute care, se presupune, împărtășesc un strămoș comun.*
Trib	*Hominini* (Hominine)	Hominide care au mers biped.	Oamenii moderni și strămoșii lor plus genuri dispărute care, se presupune, au avut un strămoș comun, precum *Australopithecus* și *Ardipithecus*.*
Gen	*Homo* [om]	Hominine lipsite de blană, care posedă un creier semnificativ mai mare și mai complex decât alte hominine și fabrică unelte.	Oamenii moderni și strămoșii lor, plus specii dispărute care, se presupune, au avut un strămoș comun, precum *Homo habilis*, *Homo erectus* și *Homo neanderthalensis*.

Clasificare	Nume	Caracteristici citologice, genomice, morfologice și comportamentale	Exemple
Specie	*Homo sapiens* [Omul modern]	Oameni care posedă rețele neuronale foarte complexe și un creier dominat de un neocortex mare. Folosesc tehnologii sofisticate și medicina și comunică prin viu grai, prin scris și prin mijloace electronice. Învață prin instruire intensă și se angajează în multe activități creative neasociate cu supraviețuirea: arte vizuale, știință, muzică, literatură și filozofie. Trăiesc în grupuri sociale sofisticate ce depășesc legăturile de rudenie și practică atât altruismul și cooperarea, cât și competiția intergrupală și agresivitatea. Este singura specie care și-a extins habitatul la întreaga biosferă.	Oamenii moderni.
Subspecie	Rasă	Indivizi rezultați din încrucișarea din interiorul speciei care diferă prin trăsături fenotipice minore sau prin caractere vizibile, precum culoarea pielii.	Tipurile african, caucazian și mongoloid erau folosite ca principale subspecii, dar aceste diferențe sunt din ce în ce mai greu de observat.

*Relațiile ancestrale sunt neclare, iar clasificările, în special în cazul cimpanzeilor și al ființelor umane arhaice, sunt controversate. Opiniile se schimbă odată cu descoperirea și interpretarea unor noi fosile și odată cu progresul și interpretarea analizelor genomice. Voi aborda aceste probleme în detaliu în partea a treia, mai ales problema existenței unei diferențieri calitative sau cantitative între oamenii moderni și ceilalți.

CAPITOLUL 21

Cauzele evoluției biologice: explicația ortodoxă actuală

> Cred că „Natura cu colți și gheare-nsângerate“ rezumă admirabil înțelegerea modernă a selecției naturale.
>
> —Richard Dawkins, 1976

Înainte de a examina măsura în care neodarwinismul ortodox actual explică originea tiparului evoluției biologice, trebuie să înțelegem bine ce înseamnă evoluție biologică. Pentru a deosebi acest proces ireversibil de modificările adaptative reversibile (vezi paginile 374–375), voi folosi următoarea definiție:

evoluție biologică Un proces de modificare a organismelor ce are ca rezultat noi specii.

Majoritatea biologilor evoluționiști de astăzi confundă sau chiar pun semnul egalității între evoluție și selecția naturală, dar sintagma „selecție naturală“ e o afirmare a evidenței și nu explică nimic: organismele care supraviețuiesc și se reproduc sunt cele care au fost selectate să supraviețuiască și să se reproducă. La fel și în cazul supraviețuirii celui mai adaptat: cei care supraviețuiesc sunt și cei mai adaptați să supraviețuiască. Aceste sintagme au sens numai dacă ne spun de ce are loc evoluția biologică (cauza) sau cum are loc (prin ce mecanisme).

Mulți neodarwiniști spun că selecția naturală determină evoluția biologică. De exemplu, Luis Barreiro și colegii săi de la Institutul Pasteur din Paris au publicat în 2008, în *Nature Genetics*, o lucrare intitulată „Natural Selection Has Driven Population Differentiations în Modern Humans“[1] [Selecția naturală a determinat diferențierea populațiilor la oamenii moderni], în timp ce ediția din 2014 a *Encyclopædia Britannica Online* afirmă că „Selecția naturală moderează efectele dezorganizate ale acestor procese deoarece crește frecvența mutațiilor benefice de la o generație la alta și le elimină pe cele dăunătoare“.[2] Articolul dedicat lui Ernst Mayr din *Gale Encyclopedia* e explicit: „Neodarwinismul pune accentul pe selecția naturală a diferențelor genetice din cadrul populațiilor drept cauză fundamentală a evoluției“[3].

Verbe precum „a determina“, „a modera“, „a crește“, „a elimina“ și „a selecta“ implică în mod evident cauzalitate, în timp ce verbul „a selecta“ implică și scop. Descrierea de mai sus a selecției naturale respectă înțelesul pe care Darwin îl dădea acestei sintagme, pe care a folosit-o „pentru a sublinia legătura sa cu puterea de selecție a omului“. În plus, este „o forță permanent gata de acțiune și infinit superioară slabelor eforturi umane“[i].

Cât privește selecția artificială, un crescător de porumbei, de pildă, produce un porumbel alb dintr-un grup de porumbei ce au culori diferite. Crescătorul uman este cauza acestui efect, adică porumbelul alb. Mecanismul său – felul cum produce efectul – este selectarea intenționată a specimenelor deschise la culoare, pe care le încrucișează numai între ele timp de mai multe generații.

Cum ar putea produce selecția naturală un efect asemănător, dacă nu „infinit superior“? Care este mecanismul?

Majoritatea neodarwiniștilor contemporani neagă faptul că natura ar avea vreun scop sau vreo intenție, și astfel, pentru a fi coerenți din punct de vedere logic, nu pot spune nici că natura cauzează sau selectează.

De regulă, aceștia se apără spunând că folosesc un limbaj metaforic. Dar la ce se referă metafora?

Dacă susțin că este metaforic în felul în care fizicienii spun că gravitația face ca o bilă de oțel aruncată de pe balcon să cadă pe pământ, atunci se ridică o întrebare. Aproximând cât se poate de bine lucrurile, bila de oțel se supune legii newtoniene a gravitației. Este vorba despre o lege naturală, adică despre un enunț general și succint, care poate fi testat prin observație sau experiment și pentru care nu au fost descoperite rezultate contrare repetabile, conform căruia o gamă de fenomene naturale se comportă invariabil la fel în anumite limite specificate.[ii] Întrebarea care apare aici este: ce fel de lege naturală poate fi invocată în cazul fenomenelor biologice? Nu poate fi vorba de așa-numitul „principiu adaptativ“ – cel puțin cât privește modelul genetic al neodarwinismului –, deoarece, așa cum vom vedea mai târziu, de-a lungul unor perioade mari de timp pot apărea modificări genetice semnificative fără să se producă modificări fenotipice importante, în ciuda modificărilor mediului înconjurător.

PARADIGMA ACTUALĂ

În capitolul 16 am arătat felul în care ideile științifice legate de evoluția biologică au produs cele șase principii ale modelului neodarwinist și ale biologiei moleculare ce definesc paradigma actuală:[iii]

---

[i]) Vezi pagina 313.

[ii]) Vezi pagina 181.

[iii]) Vezi pagina 331.

1. Speciile actuale sunt descendentele altor specii, care au trăit în trecut.
2. Noi forme de viață apar prin ramificarea unei singure linii de descendență în două, proces cunoscut sub numele de speciație, prin care membrii unei linii se izolează reproductiv de membrii celeilalte linii. Această separare continuă conduce la o genealogie ramificată a speciei, la un „arbore al vieții" ale cărui rădăcini sunt prima specie apărută și ale cărui ramuri vii sunt speciile actuale. Dacă parcurgem înapoi linia genealogică a mai multor specii moderne, ramurile acestora se vor întâlni într-un punct considerat strămoș comun.
3. O astfel de evoluție a noilor specii se petrece prin transformarea genetică graduală a indivizilor unei specii de-a lungul a mii de generații.
4. Această transformare rezultă din mutațiile genetice aleatorii suferite de indivizi, din amestecul de gene provenite de la fiecare părinte, fiecare descendent având astfel o combinație de gene diferită de cea a fiecăruia din părinți și din răspândirea ulterioară a acestor mutații genetice de-a lungul generațiilor succesive în întregul fond genetic comun.
5. Acele mutații sau variații genetice aleatorii responsabile de caracteristicile ce permit indivizilor dintr-o populație să concureze cu succes pentru resurse într-un mediu înconjurător dat (și astfel să supraviețuiască mai mult timp și să producă mai mulți descendenți) sunt favorizate de selecția naturală prin faptul că sunt moștenite în număr mai mare, în timp ce acei membri ai populației cărora le lipsesc respectivele mutații fie sunt uciși, fie mor de foame, fie dispar după câteva generații.
6. Într-o celulă, informația circulă unidirecțional de la genă la proteină.

Conform acestor principii, *cauzele* evoluției biologice sunt mutațiile genetice aleatorii atribuite de obicei greșelilor de copiere din procesul de replicare a ADN-ului pentru producerea gameților (ovule sau spermatozoizi), competiției dintre membrii unei populații pentru resurse limitate ce le permit competitorilor învingători să trăiască mai mult și să producă mai mulți urmași posesori ai noii moșteniri genetice și reproducerii sexuate ce răspândește aceste mutații în fondul genetic comun al populației de-a lungul a zeci sau sute de mii de generații, până când membrii populației respective nu mai sunt capabili să se împerecheze cu succes cu membrii populației inițiale.

În realitate, mutațiile genetice sunt produse mai curând de radiații și agenți chimici plus reparări celulare inadecvate ale ADN-ului afectat decât de erori de copiere, erori pe care procesele de reparare celulară de regulă le corectează. Rata mutațiilor spontane este în general scăzută, aproximativ 1 din 10^{-8} până la 10^{-9}, în timp ce mutațiile aleatorii au o probabilitate și mai scăzută să se producă la nivelul gameților.[4]

În cazul în care putem spune că selecția naturală este mai mult decât afirmarea unei evidențe, atunci ea este cel mult o înregistrare pasivă a efectelor cauzate de alte lucruri.

> **selecție naturală** Efectul cumulativ al unor variații mici și aleatorii moștenite de-a lungul mai multor generații, care le permite organismelor să supraviețuiască mai mult timp într-un mediu înconjurător dat și să se reproducă în mai mare măsură decât organismele ce nu posedă aceste variații; rezultă o creștere a numărului indivizilor mai bine adaptați la mediul respectiv și eliminarea indivizilor neadaptați.

Potrivit darwinismului, variațiile favorabile sunt acele trăsături observabile (fenotipice) ale organismelor individuale care le asigură posibilitatea de a concura mai eficient pentru resurse limitate și astfel de a se adapta mai bine la o nișă a mediului înconjurător. Conform neodarwinismului, variațiile favorabile sunt mutații genetice din fondul genetic al populației unei specii.

În 2006, Jerry Coyne, care a formulat primele cinci principii ale neodarwinismului modern, declara că:

> O teorie științifică bună lămurește o mulțime de date care nu aveau o explicație. În plus, o teorie științifică trebuie să facă predicții testabile și să poată fi falsificată [...]. Toate informațiile pe care le-am cules despre natură sunt consonante cu teoria evoluției și nu există nici cea mai mică dovadă care să o contrazică. *Neodarwinismul, asemenea teoriei legăturilor chimice, a avansat de la teorie la fapte* [sublinierea îmi aparține].[5]

De notat că Jerry Coyne echivalează teoria evoluționistă cu neodarwinismul. Dacă are dreptate, atunci neodarwinismul ar trebui să explice toate dovezile, să facă predicții testabile și să poată fi falsificat. Dar oare așa stau lucrurile?

CE NU POATE EXPLICA ORTODOXIA NEODARWINISTĂ

Dovezile discutate în cele patru capitole anterioare ne arată câteva tipare pe care neodarwinismul nu le explică și multe altele care îl falsifică.

Staza și speciația bruscă

În opoziție cu gradualismul esențial al neodarwinismului, capitolul 17 concluzionează că:

> Tiparul normal al dovezilor fosile în cazul animalelor este acela de stază morfologică, cu modificări minore și adesea oscilante, urmată de

> o apariție bruscă din punct de vedere geologic (de-a lungul a zeci de mii de ani) a unor specii noi care, la rândul lor, rămân în esență neschimbate vreme de câteva zeci sau chiar sute de milioane de ani, până când dispar din registrul fosil sau, mai rar, dăinuie până astăzi.[i]

Ernst Mayr, unul dintre arhitecții modelului neodarwinist, admitea în 2001 că „paralizarea completă sau staza unei linii de descendență evolutivă timp de zeci sau chiar sute de milioane de ani e foarte derutantă“[6].

Geologul Peter G. Williamson, de la Universitatea Harvard, o spune și mai răspicat:

> O teorie e la fel de bună precum predicțiile sale, iar neodarwinismul convențional, care pretinde că explică procesul evolutiv, nu a reușit să prezică staza morfologică pe termen lung și generalizată, recunoscută acum drept unul dintre cele mai izbitoare aspecte ale registrului fosil.[7]

Modelul gradualist neodarwinist e contrazis și de speciația foarte rapidă din punct de vedere geologic.

Speciația

Așa cum arată toate dovezile discutate în capitolul 18, nu există nici un studiu axat pe speciile actuale care să demonstreze evoluția unor specii noi în conformitate cu mecanismul neodarwinist.

Speciația imediată: poliploidia

Modelul neodarwinist consideră că specia reprezintă o ramură din arborele evolutiv care s-a separat dintr-o altă ramură și ai cărei membri nu pot să se împerecheze cu succes cu membrii celeilalte ramuri. Singurul exemplu neechivoc al unei astfel de speciații, petrecută fie pe cale artificială, fie în stare naturală, este poliploidizarea la plante și la unele specii de pești, amfibieni, reptile și chiar mamifere. Această creștere a numărului normal de cromozomi celulari produce o specie nouă imediat, și nu gradual, în decursul a mii de generații, contrazicând astfel mecanismul neodarwinist. Fenomenul este probabil mai larg răspândit decât se presupune astăzi.[ii]

Reproducerea asexuată

Marea majoritate a speciilor de pe planetă nu se reproduc sexuat, transmițând mutații genetice în mod vertical, de la părinți la urmași. Cele mai multe

---

[i]) Vezi pagina 359.

[ii]) Vezi paginile 367 și 368.

specii din această categorie sunt organisme unicelulare – procariote (bacterii și arhee) și eucariote unicelulare – care se multiplică prin autoclonare.[i]

Transferul orizontal de gene

Multe procariote suferă un transfer orizontal de gene pe care le obțin fie din mediul înconjurător, fie prin intermediul unor agenți precum virușii, fie prin contact direct cu alte organisme.[ii]

Coyne și colaboratorul său, H. Allen Orr, susțin că acest transfer de gene este în esență la fel cu schimbul și transmiterea de gene prin reproducere sexuată. Totuși, în cazul din urmă, transmiterea este verticală, de la părinți la copii. Transferul orizontal de gene nu are loc numai între membrii aceleiași specii, ci și între specii foarte diferite.

Transferul orizontal de gene îi poate conferi imediat celui care le primește funcții suplimentare cu o valoare negativă, neutră sau pozitivă din punctul de vedere al supraviețuirii, ceea ce a jucat un rol major în evoluția bacteriilor și a arheelor, după cum se consideră în prezent.

În plus, dacă unele organite din celulele eucariote provin din încorporarea unor bacterii ancestrale inițial independente, urmată de transferul orizontal de gene către genomul nuclear, cum cred astăzi majoritatea biologilor evoluționiști, acest transfer orizontal a jucat de asemenea un rol major în evoluția eucariotelor.

În timp ce aproximativ 81 ± 15% din genomurile procariotelor au rezultat din transferul orizontal de gene[iii], numărul mai mic de genomuri eucariote secvențiate îngreunează estimarea corectă a contribuției transferului orizontal de gene la eucariotele de astăzi. Totuși, un studiu din 2007 axat pe o bacterie ce trăiește în interiorul insectelor și al viermilor plați a evidențiat un transfer semnificativ de gene în genomul gazdei.[8] Alte studii au arătat că fungii și plantele preiau gene de la bacterii și eucariote. În plus, procesul de hibridizare a plantelor și animalelor presupune un masiv transfer orizontal de gene.[9]

Toate aceste exemple demonstrează că nu numai procariotele, ci și eucariotele pluricelulare dobândesc gene care le pot influența supraviețuirea și evoluția în alte feluri decât cele presupuse de modelul ortodox neodarwinist al transmiterii verticale a mutațiilor aleatorii de-a lungul mai multor generații.

---

[i]) Vezi pagina 337.
[ii]) Vezi pagina 366.
[iii]) Vezi pagina 367.

Embriologia și dezvoltarea organismelor

Modelul ortodox nu explică din ce cauză o singură celulă, formată din unirea unui spermatozoid cu un ovul, se divide pentru a genera grupuri de celule cu genom identic, care apoi se diferențiază în celule cu funcții specializate ce alcătuiesc un embrion, care ulterior se dezvoltă, în cazul omului, într-un organism independent ce cântărește între 75 și 85 kg în cazul unui mascul adult și între 55 și 65 kg în cel al unei femele adulte, cu două picioare pentru deplasare bipedă, două mâini și un cap conținând cel mai complex lucru cunoscut în univers: creierul uman.

Descoperirea genelor aflate la baza procesului de dezvoltare, cum este familia de gene Hox, care determină dezvoltarea părților corpului oricărui animal cu simetrie bilaterală studiat până în prezent, nu explică acest fenomen. Aceste gene, care pun în mișcare exprimarea genetică, sunt foarte asemănătoare la musculița de oțet, viermi, pești, broaște și mamifere. Modelul ortodox nu explică ce anume face ca aceste gene să fie activate sau cum reușesc ele să producă indivizi atât de diferiți precum musculițele de oțet, viermii, peștii, broaștele și mamiferele.

Genotipuri și fenotipuri

Modelul ortodox nu explică nici măcar următorul fenomen înrudit: unele specii cu gene foarte asemănătoare au fenotipuri foarte diferite. De exemplu, omul împărtășește aproximativ 94% din genele sale cu cimpanzeul, 90% cu șoarecele și chiar 85% cu peștele-zebră, lung de 4-6 cm[i], în timp ce unele specii de musculiță de oțet sunt foarte diferite genetic, dar foarte asemănătoare morfologic.

ADN-ul „deșeu“

Așa cum am spus la sfârșitul capitolului 16, timp de 50 de ani neodarwiniștii, mereu centrați pe gene, au considerat că segmentul din genomul uman care nu e alcătuit din gene (adică 98%) reprezintă de fapt un „deșeu“, deoarece nu poate fi integrat în modelul lor. Este într-adevăr o dovadă de aroganță din partea lor, deoarece acum știm că aproximativ 80% din acest ADN manifestă semne de activitate funcțională; cele mai multe dintre ele par să fie implicate în rețele regulatoare interconectate.[ii]

Mulți adepți ai modelului ortodox actual afirmă că regiunile ADN-ului neimplicate în codificarea proteinelor sunt tot ADN, fiind astfel supuse mutațiilor și selecției naturale, asemenea regiunilor care codifică proteine. Totuși, în 2007, Michael Lynch, profesor de biologie la Universitatea din

[i]) Vezi pagina 378.
[ii]) Vezi pagina 376.

Indiana, a evaluat rețelele genetice și a ajuns la concluzia că, în pofida perspectivei actuale, nu există dovezi empirice sau teoretice convingătoare că trăsăturile căilor genetice ar fi încurajate de selecția naturală.[10]

Moștenirea caracteristicilor dobândite

În capitolul 16 am mai spus că o consecință a adoptării de către biologi a modelului neodarwinist a fost respingerea altor cauze ale evoluției, inclusiv moștenirea caracteristicilor dobândite, propusă de Lamarck, pe care Darwin o acceptase.

Totuși, mai ales odată cu secvențierea întregului genom, demarată la finele secolului XX, au început să se înmulțească dovezile în sprijinul acestui fenomen. De exemplu, în 2005, Matthew Anway, de la Universitatea de Stat din Washington, și colegii săi au arătat că dacă femelele șobolan gravide erau expuse la vinclozolin, un fungicid folosit în culturile de cereale, puii lor de sex masculin manifestau o infertilitate crescută. Această trăsătură a fost transmisă pe linia germinativă masculină la aproape toți masculii din următoarele generații examinate, fără să fie însă vorba de o modificare genetică.[11]

Pentru toate tipurile de animale, inclusiv pentru om, a devenit din ce în ce mai evident că factorii de mediu, precum dieta sau stresul, pot produce trăsături care sunt transmise urmașilor fără nici o modificare la nivel genetic.

Geneticienii teoreticieni Eva Jablonka și Gal Raz, de la Universitatea din Tel Aviv, au adunat exemple de moștenire nongenetică a caracteristicilor dobândite; 12 la bacterii, 8 la protiste, 19 la ciuperci, 38 la plante și 27 la animale. Acestea sunt adesea mai instabile decât caracteristicile asociate cu variațiile genetice, dar, după cum susțin Jablonka și Raz, exemplele prezentate reprezintă o fracțiune foarte mică din moștenirile nongenetice care probabil că există.[12]

Cred că specialistul în embriologie moleculară Marilyn Monk, de la Institutul pentru Sănătatea Copilului al UCL, are dreptate să spună că astfel de modificări moștenite, care, după cum s-a demonstrat, sunt induse de factori de mediu, pun în discuție nu numai cel de-al șaselea principiu al paradigmei curente, „dogma centrală" potrivit căreia informația este un flux unidirecțional ce merge de la genă la proteina din celulă, dar și principiile al patrulea și al cincilea, care susțin că singurul mecanism al evoluției biologice este selecția naturală a mutațiilor genetice generate aleatoriu.

Colaborarea

O altă consecință a adoptării modelului neodarwinian, menționată în capitolul 16, a fost ignorarea colaborării drept cauză a evoluției. Totuși, examinarea comportamentului din capitolul 19 a dus la următoarea concluzie:

> Colaborarea joacă un rol mai important decât competiția în supraviețuire și propagarea vieții, mergând de la gene, organisme unicelulare, organitele din celulele eucariote, celulele eucariote din organismele pluricelulare până la comportamentul plantelor și animalelor, de la insecte la primate.

După cum spunea în 2011 Stuart West, biolog evoluționist de la Universitatea Oxford: „Explicarea paradoxului aparent al cooperării este una dintre problemele centrale ale biologiei, deoarece aproape toate tranzițiile evolutive majore de la replicarea moleculelor la societățile animale complexe s-au sprijinit pe rezolvarea acestei probleme“[13].

Aceasta a fost o problemă centrală a biologiei încă din perioada în care majoritatea biologilor au adoptat modelul neodarwinist, deoarece singurul comportament ce se potrivește cu acest model este competiția. Încercările de a explica altruismul și colaborarea în concordanță cu axiomele neodarwiniste au dat naștere unei noi subdiscipline: sociobiologia. Într-un capitol viitor, voi discuta aceste încercări cu titlul de ipoteze complementare modelului neodarwinist.

Complexificarea progresivă

O altă concluzie importantă a capitolului 17 e aceea că tiparul general al registrului fosil se desfășoară în timp de la simplu la mai complex; dovezile de care dispunem în privința animalelor arată că această complexitate crește de-a lungul fiecărei filiații, fapt în mod clar valabil în cazul filiației ce conduce la om. Dovezile din capitolul 18 arată că speciile existente formează un tipar de complexitate progresivă de la bacterii la om. Studiile asupra comportamentului discutate în capitolul 19 demonstrează că, pe măsură ce complexitatea speciilor crește de la pești la primate, învățarea socială crește la rândul său pentru a completa comportamentul instinctiv; acest fenomen se corelează de asemenea cu creșterea complexității creierului însoțită de creșterea inteligenței, atestată prin găsirea unor soluții mai ingenioase pentru rezolvarea problemelor.

Deși Darwin a conchis că așa cum „selecția naturală lucrează numai prin și pentru binele fiecărei viețuitoare, toate însușirile corporale și mintale vor tinde să progreseze spre perfecțiune“[14], cei mai mulți biologi evoluționiști de astăzi neagă orice tipar al dovezilor ce ar presupune progres.

În cuvintele lui Francis Heylighen, cibernetician și teoretician al complexității,

> asemenea lui Maynard Smith și lui Szathmáry, în cercetarea tranzițiilor majore din cadrul evoluției, [biologii evoluționiști] s-au simțit nevoiți să

susțină de formă actuala ideologie [relativistă] remarcând „nejustificarea" credinței că există un progres sau o creștere a complexității, pentru ca apoi să descrie în detaliu tocmai exemple ale unei astfel de creșteri.[15]

Înainte de a examina obiecțiile la tiparul creșterii complexității, voi încerca să reduc confuziile provocate de sensurile diferite ale aceluiași cuvânt. Complexitatea este definită diferit de teoreticienii sistemelor, de cei ai automatelor, de cei ai informației, de cei ai complexității, de ciberneticieni, de biologi evoluționiști, de specialiștii în genomică, de etologi și de alții; aceștia se centrează pe aspectele cantitative, calitative, structurale (subsisteme cuprinse în suprasisteme) sau funcționale (niveluri de procesare sau de control al informației) ale complexității. Nu e surprinzător deci că rezultatele lor sunt diferite.

Voi face un pas înapoi și voi adopta o perspectivă mai generală, folosind o definiție abstractă cu care sper să fie de acord cei mai mulți specialiști.

complex Un întreg compus din părți distincte interconectate.

complexitate Starea de a fi complex.

complexificare Procesul prin care un lucru devine mai complex.

Din această definiție rezultă că fiecare parte este în mod necesar mai simplă decât întregul alcătuit din diferite astfel de părți. Aproape toate lucrurile fizice din univers sunt complexe și formează ierarhii ale unei complexități tot mai crescute, de la particulele subatomice, atomi, molecule, organisme unicelulare și organisme pluricelulare până la societăți de organisme. Mai mult decât atât, se acceptă în general ideea că, în istoria universului, componentele mai simple au apărut înaintea sistemelor mai complexe și compuse. E logic: în mod normal nu poți să construiești un sistem de ordin superior, cum ar fi o moleculă, din părțile sale constitutive, în acest caz din atomi, fără existența prealabilă a părților constitutive. Astfel, evoluția conduce către sisteme tot mai complexe, adăugând treptat ierarhiei tot mai multe niveluri. Ce anume *cauzează* acest fenomen evolutiv este o altă problemă. Diferite tranziții evolutive pot avea cauze diferite, motiv pentru care cred că este potrivit să facem diferența între fenomen și cauza sa atunci când reconstituim evoluția.

Dacă examinăm fenomenul creșterii complexității folosind metodele științei, atunci este util să-l măsurăm. Cred că cea mai bună estimare o oferă numărul de părți înmulțit cu numărul de conexiuni dintre ele. Totuși, în cazul ființelor vii nu dispunem de toate datele.

Biologul evoluționist James Valentine și colegii săi de la Universitatea din California, Berkeley, au folosit numărul tipurilor de celule nu „pentru a măsura complexitatea în sine, ci [...] doar pentru a genera un indice al complexității [morfologice]", recunoscând că „obișnuim indiscutabil să grupăm o multitudine de celule care sunt diferite din punct de vedere biochimic și, fără îndoială, funcțional". Acest indice omite de asemenea conexiunile dintre celulele de același tip și de tipuri diferite și lucruri precum complexitatea comportamentului. Cu toate astea, folosind doar această măsură a complexității morfologice și raportând-o la prima ocurență în registrul fosil a unei plaje largi de taxoni ai animalelor, Valentine a descoperit o progresie a complexității celor mai primitive familii din fiecare taxon, de la porifere (spongieri) până la cele mai recente tipuri de organisme, hominizii, chiar și atunci când a grupat diferiții neuroni drept un singur tip de celulă.[16]

Totuși, după cum observa John Tyler Bonner, biolog evoluționist de la Princeton, „biologii au un punct orb destul de interesant. Deși admitem fără întârziere că primele organisme au fost asemănătoare bacteriilor și că cele mai complexe dintre toate organismele sunt cele ale propriei noastre specii, se crede că nu ar trebui să interpretăm acest fapt drept un semn de progres"[17].

Aceste obiecții se referă atât la fenomenul *progresiei* – tiparul creșterii complexității în evoluția biologică –, cât și la efectul său, *progresul* – progresia are ca rezultat îmbunătățirea.

Deși se suprapun, argumentele împotriva complexificării pot fi grupate în nouă categorii, enumerate mai jos și însoțite de câte un răspuns.

a. *Evoluția biologică este cauzată de selecția naturală ce acționează prin intermediul unor mutații genetice aleatorii, motiv pentru care nu poate exista un tipar de creștere a complexității.*
Deducția la care se ajunge nu rezultă în mod logic din premise. Nu există motive pentru ca selecția naturală ce acționează prin intermediul unor mutații aleatorii să nu conducă la creșterea complexității (dacă selecția naturală produce sau nu evoluție biologică este o altă problemă, discutată într-o secțiune anterioară a acestui capitol).

b. *Evoluția biologică este consecința unor rezultate contingente produse de evenimente fortuite; nu există un tipar al progresiei evolutive.*
Paleontologul Stephen Jay Gould a propus acest argument după ce a afirmat că selecția naturală este „un principiu de adaptare locală, nu un progres general"[18]. Aceste cuvinte au urmat afirmației sale des repetate potrivit căreia, dacă filmul vieții ar fi reluat, ar produce întotdeauna

alte rezultate. Astfel, „oamenii au apărut [...] ca un rezultat fortuit și accidental a mii de evenimente înlănțuite, iar fiecare ar fi putut să se producă în alte feluri orientând istoria pe o cale ce nu ar fi condus la conștiință".

Această obiecție la existența unui tipar de creștere a complexității este asemănătoare cu cea precedentă, înlocuind în esență mutațiile aleatorii cu evenimentele fortuite. Suferă de aceeași eroare.

Gould încearcă să-și susțină argumentul citând cu titlul de dovezi patru dintre nenumăratele evenimente fortuite și rezultatele accidentale. De exemplu, „dacă o mică linie descendentă de primate nu ar fi dezvoltat mersul biped în savana africană secetoasă, în urmă cu două până la patru milioane de ani, atunci strămoșii noștri ar fi ajuns să facă parte din aceeași linie cu maimuțe antropoide care, asemenea cimpanzeilor și gorilelor de azi, ar fi devenit marginale din punct de vedere ecologic și probabil sortite dispariției".

Dar mediul înconjurător *s-a schimbat* și mersul biped *a apărut*. A spune că mersul biped ar fi putut să nu apară pentru că mediul înconjurător ar fi putut să nu se modifice înseamnă a ignora dovezile și a te scufunda în speculații: ai putea tot atât de bine specula că Pământul ar fi putut să nu fie niciodată format din materia care înconjura Soarele după formarea acestuia. În acest sens, totul este accidental și consecință a unor evenimente fortuite ce s-au petrecut încă de la apariția cosmosului. A susține că oricare eveniment ar fi putut să se petreacă diferit ne conduce la ideea de multivers, care este netestabilă: e vorba mai curând de speculație filozofică decât de știință.

c. *Tiparul dovezilor nu este unul de complexificare, ci unul de echilibru punctat.* Această obiecție amplifică ipoteza echilibrului punctat al lui Eldredge și Gould. În opinia lui Gould, tiparul presupune trei miliarde de ani de organisme unicelulare urmate de cele cinci milioane de ani de explozie cambriană caracterizată prin înflorire filetică, în timp ce „istoria ulterioară a speciilor de animale nu reprezintă decât variații pe teme anatomice stabilite în timpul exploziei cambriene"[19].

Sunt de părere că această perspectivă simplifică excesiv de mult tiparul. Afirmația că ultimele 540 de milioane de ani nu sunt altceva decât variații pe teme anatomice stabilite în perioada celor cinci milioane de ani ai exploziei cambriene contrazice ceea ce spune tot Gould în același articol: „Nimeni nu se poate îndoi că treptat, după formarea procariotelor, au început să apară creaturi tot mai complexe: mai întâi celule eucariote probabil în urmă cu două miliarde de ani, apoi animalele pluricelulare în urmă cu aproape 600 de milioane de ani,

cu o manifestare a celei mai înalte complexități la animale ce au trecut de la nevertebrate la vertebratele marine și, în cele din urmă, la reptile, mamifere și om".

În plus, echivalează complexitatea cu complexitatea anatomică și ignoră tipurile diferite de complexitate specifică genomicii, dezvoltării, comportamentului, rețelelor neuronale, comunicării și sistemelor cognitive care au evoluat în timpul istoriei vieții. Tabelul 17.3 arată nu numai aceste creșteri ale complexității, ci și faptul că, în cadrul filiației ce conduce la specia umană, ritmul complexificării crește.

d. *Evoluția biologică nu evidențiază o creștere globală a complexității.* Această obiecție acceptă că evoluția biologică a dus la apariția unor specii mai complexe, dar susține, după cum spune Gould, că există „o constanță a complexității modale de-a lungul istoriei vieții"[20].

Simplu spus, având în vedere că cele mai numeroase organisme, procariotele, sunt și cele mai simple, în cazul în care calculăm complexitatea medie a fiecărei specii vii de pe Pământ în orice moment dat, numărul extrem de mare de procariote l-ar depăși cu mult pe cel al organismelor mai complexe și astfel ar reduce aproape la zero contribuția lor la complexitatea globală.

Deși este corect din punct de vedere statistic, acest argument se dovedește înșelător. Așa cum există mult mai multe procariote decât animale, tot așa există mult mai multe molecule decât procariote, mult mai mulți atomi decât molecule și mult mai multe particule fundamentale decât atomi. În oricare punct din istoria universului există o „constanță a complexității modale" statistică, reprezentată de particulele elementare. Ceea ce nu înseamnă că universul a rămas într-o constanță a particulelor fundamentale pe tot parcursul istoriei sale și că nu a progresat către structuri mai complexe.

e. *Evoluția biologică nu manifestă nici un tipar de creștere a complexității; unele organisme complexe se transformă prin evoluție în organisme mai simple.* Acest fenomen e numit evoluție regresivă, iar exemplul clasic este cel al peștilor cavernicoli. Există specii de pești ale căror populații trăiesc în ape deschise și totodată în peșteri lipsite de lumină. Ultimii, despre care se presupune că au evoluat din primii, sunt orbi și sunt lipsiți de culoare: au devenit mai simpli.

În 2002, când au examinat acest fenomen, biologii evoluționiști Richard Borowsky și Horst Wilkens au descoperit că modificările specifice evoluției regresive nu sunt diferite de cele specifice evoluției constructive: frecvența alelelor și starea caracterelor se modifică în

timp. Totuși, grupurile care trăiesc în peșteri prezintă și semne de evoluție constructivă, cum ar fi creșterea capacităților senzoriale diferite de vedere sau creșterea eficienței metabolice, care reprezintă adaptări la noul lor mediu înconjurător.[21] Astfel, deși au pierdut unele funcții specifice speciilor parentale ce trăiesc în ape deschise, au câștigat altele. În general, nu au devenit mai simple.

Paraziții sunt folosiți la rândul lor ca exemplu de evoluție regresivă, dar și în acest caz o examinare mai atentă ne arată că situația nu e atât de clară cum se susține de obicei. Cele mai studiate exemple sunt dicyemidele, mici paraziți care trăiesc în rinichii cefalopodelor, precum sepia și caracatița. Corpul acestor paraziți e alcătuit doar din 10 până la 40 de celule, mai puține decât la oricare alt metazoar (animal), și are o organizare foarte simplă: nu are nici cavități și nici organe diferențiate. Potrivit lui Hidetaka Furuya, de la Universitatea din Osaka, probabil autoritatea internațională în materie de dicyemide, „încă nu este clar dacă dicyemidele sunt organisme pluricelulare primitive sau metazoare degenerate“[22].

Chiar dacă s-ar identifica exemple indubitabile de evoluție regresivă netă permanentă, acestea nu ar nega tiparul *general* al complexificării biologice.

f. *Tiparul implică progres, ceea ce introduce o judecată de valoare, ce nu își are locul în știință, deoarece știința e preocupată de colectarea obiectivă a datelor și de formularea unor concluzii și ipoteze logice pornind de la tiparele descoperite.*
Progresul, spre deosebire de progresie, presupune într-adevăr o judecată de valoare. Dar nu este corect să spui că judecățile de valoare nu își au locul în știință. Dimpotrivă, știința nu ar putea funcționa fără judecăți de valoare: ce date să examinezi, cum să interpretezi datele, ce concluzii să tragi, ce presupuneri ar trebui să faci după ce ajungi la anumite concluzii, cât de provizorii sau cât de solide sunt concluziile, în ce măsură o ipoteză explică datele mai bine decât o altă ipoteză, în ce măsură datele contrazic sau susțin teoria curentă și așa mai departe.

g. *Orice tipar de creștere a complexității, a inteligenței sau a oricărui alt criteriu stabilit de om care arată că noi suntem cele mai complexe sau cele mai inteligente organisme este antropocentric.*
Unul dintre fondatorii neodarwinismului, George Gaylord Simpson, a răspuns succint la această obiecție: „Încercarea de a respinge din start o astfel de concluzie numai pentru că suntem noi înșine implicați este tot atât de antropocentrică și de lipsită de obiectivitate precum încercarea de a o accepta numai pentru a ne satisface egocentrismul.“[23]

Sarcina celui care studiază întreaga evoluție biologică este aceea de a aplica, atât cât este posibil, aceleași criterii (cum ar fi numărul de tipuri de celule) la toate speciile, inclusiv la oameni.

Inutil să mai spunem că identificarea omului drept cea mai complexă specie cunoscută nu presupune automat faptul că noi am fi culmea sau scopul evoluției, ci doar că suntem cele mai complexe organisme de până acum.

h. *Procesul creșterii complexității nu este progresiv: un sistem mai simplu este preferabil unuia complex, ceea ce este o aberație.*
Biochimistul William Bains a formulat acest argument după ce a recunoscut că trecerea timpului evolutiv este însoțită de apariția unor elemente care au o mai mare complexitate structurală și funcțională, dar susține că „în nici un alt cadru teoretic complexitatea nu este neapărat considerată mai avansată decât simplitatea" și conchide că „omul este o aberație «neevoluată» a unei biosfere mult mai simple și mai eficiente"[24].

Principala eroare de aici constă în invocarea argumentului general potrivit căruia sistemele mai simple sunt mai eficiente decât cele complexe, fără însă a compara lucruri echivalente. Marea majoritate a bacteriilor și arheelor pe care le observăm astăzi nu sunt aceleași care au existat cu două sau trei miliarde de ani în urmă, când Pământul era foarte diferit de cel de astăzi și era lipsit de oxigen. Acele procariote au evoluat prin formarea unor noi specii pentru a face față noilor provocări ale mediului înconjurător, provocări generate de dezvoltarea unor nișe ecologice pe Pământul aflat în evoluție, rezultând astfel un număr extrem de mare de astfel de specii. Animalele, pe de altă parte, au evoluat ca specii mai complexe, fiecare dintre ele capabilă să se acomodeze la numeroasele provocări ale mediului înconjurător.

Una dintre aceste filiații a produs cea mai complexă specie pe care o cunoaștem, *Homo sapiens*, capabilă să supraviețuiască mai mult timp și în mai multe medii înconjurătoare decât speciile mai puțin complexe. Este singura specie care a transformat întreaga planetă în propriul habitat. Folosindu-și creierul foarte complex, a fost în stare să inventeze căi de supraviețuire oriunde pe planetă, în orice tip de mediu, la câțiva kilometri sub nivelul mării și al uscatului și în spațiul cosmic. A extins durata de viață a membrilor săi prin conceperea și aplicarea științei medicale și a început să-și modifice propria structură genetică prin terapia genică.

Nici o altă specie animală, cu atât mai puțin speciile de bacterii și arhee, nu posedă asemenea capacități de supraviețuire. Dacă e să ținem cont de criteriul neodarwinist potrivit căruia membrii unei specii

de succes sunt mai bine adaptați pentru supraviețuire, avem atunci de-a face cu un progres.

i. *Nu există progres în evoluția biologică.*
În 1988, Matthew Nitecki a publicat o carte intitulată, probabil ironic, *Evolutionary Progress* [„Progresul evolutiv"], în care conchide următoarele: „Conceptul de progres a fost eliminat din biologia evoluționistă pentru că este considerat antropomorfic sau, în cel mai bun caz, pentru că are o utilitate limitată și ambiguă"[25].

Potrivit unuia dintre autorii care au contribuit la acel volum, Stephen Jay Gould, „progresul este o idee nocivă, programată cultural, netestabilă, neoperațională, refractară, care trebuie înlocuită dacă vrei să înțelegi tiparele istoriei"[26].

Într-un spirit mai puțin polemic, Bains și-a articulat punctul de vedere într-o altă publicație, întrebându-se retoric: „Există oare un motiv *a priori* pentru a deosebi la nivel calitativ trăsăturile recent achiziționate ale omului, precum inteligența și talasemia, de cele ale bacteriei *E. coli*, precum operonul lactozei?"[27]

Răspunsul este da. Inteligența umană este o capacitate deținută în grade diferite de toți membrii speciei. Este calitativ diferită de talasemie, care e o boală relativ rară la om, rezultată în urma moștenirii unui defect genetic care de obicei se găsește în stare recesivă la ambii părinți. Ambele caractere sunt calitativ diferite de operonul lactozei, care reprezintă un sistem genetic regulator pentru metabolismul lactozei de către bacteria *E. coli*. A spune că o abilitate generală intră în aceeași categorie cu o boală rară sau cu trei gene este o eroare logică.

Bains continuă prin a spune că „importanța inteligenței în ceea ce privește supraviețuirea ar fi greu de susținut chiar dacă am putea să decidem ce e inteligența".

Mai jos voi discuta în detaliu ce este inteligența. Acum e suficient să spun că inteligența le-a permis primilor oameni să-și fabrice unelte mai complexe și mai eficiente cu care să se apere împotriva prădătorilor mai mari și mai puternici decât ei și să aibă mai mult succes în alte activități, precum vânătoarea, construirea unor adăposturi pentru a se proteja de elementele ostile, confecționarea unor haine din piei de animale pentru a se feri de frig, producerea focului pentru a se încălzi, a alunga prădătorii și a prepara hrana sau plantarea și cultivarea recoltelor pentru a obține hrană mai eficient decât prin cules.

Deși majoritatea neodarwiniștilor contemporani resping conceptul de progres evolutiv, fondatorii acestui curent nu-l respingeau. Dimpotrivă, ei recunoșteau că cel mai mare progres se întâlnește la specia umană. Mayr a subliniat etapele acestui progres:

> Cine poate nega faptul că, în general, există un progres de la procariotele care au dominat lumea vie cu peste trei miliarde de ani în urmă la eucariotele cu nucleul și cromozomii lor bine organizați și cu organitele lor citoplasmatice; de la eucariotele unicelulare la metafite și metazoare la [...] [animalele cu sânge cald] cu un important sistem nervos central, cu o puternică înclinație către îngrijirea parentală și cu abilitatea de a transmite informația de la o generație la alta?[28]

Chiar Simpson, cunoscut pentru scepticismul său, a ajuns la următoarea concluzie:

> Majoritatea [criteriilor ce indică progresul evolutiv] arată totuși că omul se află printre cele mai înalte produse ale evoluției, iar măsurarea acestora ne permite să conchidem că omul este, în general, dar nu și în fiecare privință, culmea actuală a progresului evolutiv.[29]

Julian Huxley a fost dintotdeauna un apărător entuziast al progresului evolutiv și susținea că

> a existat progres și înainte de existența omului pe Pământ [...]. Apariția sa doar a continuat, a modificat și a accelerat un proces care funcționa încă de la primele licăriri ale vieții.[30]

Dobzhansky a fost la fel de neechivoc:

> Judecând conform oricărui criteriu rezonabil, omul reprezintă cel mai înalt, mai progresiv și mai de succes produs al evoluției organice. Lucrul cu adevărat ciudat este că unii biologi privesc de atâtea ori cu suspiciune caracterul evident al acestei evaluări.[31]

Obiecțiile la adresa dovezilor copleșitoare în favoarea complexității progresive se reduc fie la ignorarea probelor, fie la încercări eronate de a le minimaliza, deoarece ele intră în conflict fie cu o presupusă cauză a evoluției biologice, fie cu o ideologie conform căreia toate speciile sunt egale.

Când un om de știință neagă dovezile pentru că intră în conflict cu propria credință este mai surprinzător decât atunci când un creaționist pur și simplu neagă dovezile fenomenului evoluției biologice.

În următoarele două capitole voi examina ipotezele care încearcă să completeze sau să pună în discuție paradigma folosită în prezent pentru a explica tiparul dovezilor.

CAPITOLUL 22

Ipoteze complementare și concurente 1: complexificarea

> Dacă s-ar putea demonstra că există vreun organ complex care nu s-a putut forma prin modificări numeroase, succesive și ușoare, teoria mea s-ar prăbuși cu totul. — Charles Darwin, 1872

În prima jumătate a secolului XX, biologii doreau să-și transforme propriul domeniu într-o știință respectabilă, asemenea fizicii, ale cărei teorii erau exprimate în ecuații matematice ce permiteau formularea unor predicții precise și testabile. Această dorință s-a născut în anii '20 și '30, odată cu publicarea studiului lui Ronald Fisher în care valoarea selectivă era exprimată în limbaj matematic, cu cele zece articole ale lui J.B.S. Haldane publicate sub titlul *A Mathematical Theory of Natural and Artificial Selection* [„O teorie matematică a selecției naturale și a celei artificiale] și cu lucrarea în care Sewall Wright calcula peisajele adaptative și deriva genetică. Abordarea lor, care a furnizat bazele teoretice ale geneticii populațiilor, își are rădăcinile în determinismul newtonian.

Modelul neodarwinist a combinat această abordare cu metodele analitice ale geneticii moleculare. Știința biologiei observaționale, inițial calitativă, a adoptat perspectiva determinismului și reducționismului genetic, cu ipoteze exprimate prin ecuații matematice sau prin modele statistice.

În mod paradoxal, fizica trecea în aceeași perioadă printr-o schimbare de paradigmă, îndepărtându-se de determinism în favoarea teoriei relativității și a indeterminismului teoriei cuantice. Se vorbea deja despre nonlocalizare, principiul incertitudinii, corelări cuantice și interpretări holistice. Cu toate astea, majoritatea ipotezelor avansate pentru a lămuri tiparele dovezilor pe care paradigma neodarwinistă nu le explică au adoptat abordarea generală a acestei paradigme și au folosit modele matematice. Totuși, unii specialiști au adoptat perspectiva holistică și au susținut că formele de viață sunt alcătuite din componente situate la diferite niveluri ierarhice care interacționează între ele și cu mediul înconjurător.

Ipotezele formulate variază de la cele care încearcă să completeze sau să extindă modelul neodarwinist până la cele care-l contestă. În acest capitol le voi analiza pe cele menite în primul rând să explice complexificarea rapidă,

iar în capitolul următor, pe cele care încearcă să explice în primul rând colaborarea.

PROIECTUL INTELIGENT

Am văzut în capitolul 15 că biochimistul Michael Behe, de la Universitatea Lehigh, susținea că, datorită complexității sale ireductibile, prima celulă trebuie să fi fost rezultatul unui proiect inteligent, dar a admis că apoi evoluția biologică și-a intrat în drepturi.[i] După apariția cărții lui Behe, care a contribuit la lansarea mișcării proiectului inteligent, Jonathan Wells, fost cercetător postdoctoral în biologie la Universitatea din California, Berkeley, a publicat *Icons of Evolution: Science or Myth?* [„Simboluri ale evoluției: știință sau mit?"], care ia în considerare zece studii de caz emblematice folosite în predarea evoluției darwiniste și conchide că au fost exagerate, distorsionate sau chiar falsificate.[1]

Răspunsul biologilor evoluționiști a fost ostil de la un capăt la altul, acuzându-l pe Wells că a prezentat dovezile într-un mod lipsit de onestitate și fraudulos pentru a-și promova credințele religioase.

Șase dintre aceste studii de caz au fost examinate în capitolele precedente ale cărții de față. Wells are dreptate când spune, de exemplu, (a) că experimentul Miller-Urey nu demonstrează apariția vieții din materia neînsufletită (vezi pp. 273–274); (b) că nu există un arbore filogenetic darwinian care să dovedească descendența cu modificări (mai ales pentru că nu există o înțelegere între biologi cu privire la cum și pe ce baze ar trebui construit un arbore al vieții; vezi p. 391); (c) că dovezile în favoarea stazei speciilor din registrul fosil contrazic gradualismul darwinian (vezi pp. 404–405); (d) că nici „cintezele lui Darwin" din insulele Galápagos (vezi p. 373) și nici (e) înnegrirea moliilor din zonele industriale nu demonstrează evoluția speciilor (ca fenomen diferit de cel al modificărilor adaptative reversibile) și că, în cel de-al doilea caz, fotografiile lui Kettlewell cu molii vizibile pe trunchiuri de copaci sunt, de fapt, fotografii cu molii moarte care au fost lipite pe acei arbori (vezi p. 370); și (f) că nu există nici o dovadă a existenței unei noi specii care să fi evoluat conform mecanismului darwinist (de fapt, neodarwinist).[ii]

Cu toate astea, evidențierea ipotezelor inadecvate și experimentelor sau observațiilor neconcludente, imperfecte sau chiar false (deși cred că Kettlewell a dorit ca fotografiile sale să fie ilustrative, nu înșelătoare) nu contrazice *fenomenul* evoluției biologice. Deși nici una dintre cele nouă dovezi examinate în capitolele 17 și 18 nu sprijină fără echivoc evoluția biologică, dacă le

[i]) Vezi pagina 282.
[ii]) Vezi paginile 404–405.

privim laolaltă ele se transformă într-o probă solidă potrivit căreia omul a evoluat din cele mai timpurii forme de viață de pe Pământ.

De fapt, aceste cazuri subliniază insuficiența ipotezei neodarwiniste ca unică explicație a fenomenului. Faptul că aceste exemple sunt încă folosite în manuale pentru a dovedi evoluția biologică ne arată fie că manualele sunt depășite, fie că sunt bazate mai curând pe credință decât pe știință. Adepții teoriei ortodoxe actuale răspund printr-o atitudine defensivă instituțională ce nu admite defectele modelului neodarwinist demonstrate de existența unor date contrare sau ignoră alte ipoteze concordante cu aceste date. În mod paradoxal, o astfel de atitudine defensivă nu face altceva decât să le furnizeze argumente celor care cred în creaționism.

Într-o carte mai recentă, *The Edge of Evolution: the Search for the Limits of Darwinism* [„Granițele evoluției: căutarea limitelor darwinismului"][2], Wells recunoaște fenomenul evoluției biologice; de fapt, el merge până acolo încât spune că selecția naturală este mecanismul evident prin care variantele genelor adaptative se propagă în rândul populației, și mai susține că mutațiile aleatorii, împreună cu selecția naturală, nu sunt suficiente pentru a conduce la evoluția inovațiilor biologice și la creșterea complexității. Demonstrația lui se sprijină pe probabilitatea scăzută ca un organism să sufere simultan două sau trei mutații care să-i ofere un avantaj, ceea ce e corect. Totuși, Wells conchide că majoritatea mutațiilor cu adevărat importante trebuie să fi fost dirijate de un agent inteligent. Avem de-a face aici cu o eroare logică. Dacă ipoteza neodarwinistă nu reușește să explice inovațiile biologice majore și creșterea complexității – ceea ce e adevărat – nu înseamnă că nu există sau nu vor exista alte ipoteze științifice care să ofere o explicație adecvată. Acest capitol trece în revistă ipotezele actuale.

În concluzie, susținătorii proiectului inteligent nu reușesc să ofere nici o explicație testabilă a credinței lor, ceea ce face ca ipoteza proiectului inteligent să nu se încadreze în domeniul științei.

TEORIA ECHILIBRULUI PUNCTAT

În 1995, paleontologul Niels Eldredge susținea că cele trei reacții ale membrilor populației unei specii la o modificare din mediul înconjurător sunt, în ordinea probabilității:

1. *Căutarea habitatului*
   Indivizii migrează într-un habitat la care sunt bine adaptați.
2. *Extincția*
   Se petrece atunci când indivizii nu pot găsi un habitat adecvat.

3. *Transformarea foarte lentă și treptată a populației pentru a se adapta la schimbările mediului înconjurător*
   Această a treia reacție, care e cel mai puțin probabilă, constituie singurul mecanism de speciație recunoscut de modelul neodarwinist.

Pe de altă parte, biologul teoretician evoluționist de orientare neodarwinistă, George C. Williams a respins ideea căutării habitatului, considerând-o pură fantezie, deși Eldredge a oferit suficiente dovezi în favoarea acestei ipoteze.[3]

În influentul articol publicat în 1972 care puneau în discuție gradualismul modelului neodarwinist contrazis de registrul fosil[4], Eldredge și paleontologul Stephen Jay Gould, colegul său, au schițat ipoteza echilibrului punctat pornind de la ideea formulată de Ernst Mayr potrivit căreia speciația s-ar desfășura cel mai rapid în subpopulații mici și izolate. Cei doi susțin că, în cazul unei populații mari care ocupă o regiune geografică întinsă, mutațiile noi, chiar dacă sunt benefice, se diluează din cauza dimensiunilor populației și a unor factori precum modificarea constantă a mediului înconjurător. Acest fenomen produce variații adaptative minore, dar are ca rezultat o stabilizare generală a morfologiei, concordantă cu modificările morfologice minore medii observate în registrul fosil de-a lungul a zeci sau chiar sute de milioane de ani.

Totuși, în cazul unui grup mic, aflat la periferia habitatului geografic, mutațiile genetice ce codifică trăsături adaptative benefice se vor răspândi rapid și vor transforma fondul genetic al acelui grup într-o perioadă scurtă din punct de vedere geologic, de zeci de mii de ani. Acest fapt va duce la apariția unei specii noi, incapabilă să se mai încrucișeze cu grupul principal.

Apărătorul lui Williams, Richard Dawkins, a respins această ipoteză, considerând-o „o denivelare interesantă, dar minoră de pe suprafața teoriei neodarwiniste", care „nu merită prea multă publicitate"[5]. Această remarcă a dus la schimburi sarcastice de replici între Dawkins și tabăra lui Eldredge/Gould, care continuă și astăzi.

APARIȚIA BRUSCĂ

Jeffrey H. Schwartz, antropolog și filozof al științei de la Universitatea din Pittsburgh, este un biolog evoluționist care susține punctul de vedere tot mai depășit potrivit căruia rolul omului de știință este acela de a testa ipotezele ortodoxe actuale și supozițiile de la baza lor prin raportare la dovezi și, dacă este necesar, de a căuta explicații alternative în vederea apărării acelor ipoteze, în loc de a căuta sau de a interpreta dovezi.

Schwartz consideră la rândul său că gradualismul neodarwinist este incompatibil cu dovezile. Însă în loc să adopte ipoteza lui Eldredge și Gould

el a lucrat împreună cu biochimistul Bruno Maresca, de la Universitatea din Salerno, la dezvoltarea unei ipoteze formulate de el anterior prin examinarea expresiei proteinelor de stres din celule ca reacție la modificările fizice din mediul înconjurător. Publicată în 2006, ipoteza apariției bruște susține că celulele previn sau corectează modificările genetice, în special prin mecanisme de reparare a ADN-ului; acest proces duce la o homeostază sau stabilitate autoregulatoare a ADN-ului și explică staza morfologică.

Modificările genomice semnificative apar numai în acele situații de stres sever – precum schimbarea bruscă de temperatură, modificarea drastică a alimentației sau suprapopularea fizică – care afectează grav homeostaza ADN-ului în cursul formării celulelor sexuale (ovule și spermatozoizi), afectând astfel dezvoltarea organismului. Prăbușirea homeostaziei are cel mai adesea efecte letale, dar

> produce la câțiva indivizi, într-o perioadă relativ scurtă de timp (câteva generații), restructurări majore și potențial neletale (deci „folositoare"?).[6]

Astfel, inovațiile morfologice nu rezultă în urma acumulărilor treptate de mutații în rândul populației de-a lungul mai multor generații și nici prin răspândirea rapidă a mutațiilor benefice în rândul unei subpopulații izolate, ci prin întreruperea severă și bruscă a stării normale de homeostază a ADN-ului.

Această ipoteză oferă o explicație mai convingătoare a cauzei stazei morfologice urmată de o modificare genomică semnificativă, dar a fost ignorată de neodarwiniști și de adepții ipotezei Eldredge/Gould.

Totuși Maresca și Schwartz nu explică limpede natura acestor „restructurări majore și potențial neletale (deci «folositoare»?)" și felul în care ele conduc la speciație sau produc tranziții evoluționiste sau emergențe marcate de o sporire a complexității.

SELECȚIA STABILIZATOARE

Apărând modelul neodarwinist împotriva apelurilor lui Eldredge, Gould și ale altor paleontologi pentru o revizuire fundamentală a acestei teorii ortodoxe, botanistul și geneticianul G. Ledyard Stebbins și specialistul în genetică moleculară Francesco José Ayala au susținut în 1981 că transformarea fondului genetic al unei populații de-a lungul mai multor generații este compatibilă atât cu speciația gradualistă, cât și cu cea punctată.

Cei doi cercetători s-au întrebat dacă fenomenul stazei paleontologice este atât de comun precum se susține. Ei sunt de părere că, în momentul în care se produce acest fenomen, evoluția moleculară poate avea loc fără ca

morfologia să se modifice (singura schimbare identificabilă în registrul fosil), iar acest lucru este explicat de ideea selecției stabilizatoare a lui Dobzhansky. În acest caz, genele care codifică o morfologie adaptativă de succes, precum cea a rechinilor sau a ferigilor, sunt selectate în mod natural fără nici o întrerupere, astfel încât morfologia se stabilizează, în timp ce genele care codifică alte trăsături se modifică, ducând chiar la speciație.[7]

Argumentele lor sunt în principal de ordin teoretic, și cred că Peter G. Williamson, paleontolog la Universitatea Harvard, are dreptate atunci când susține că:

> Gama largă de habitate exploatate în prezent de speciile moderne larg distribuite, dar uniforme morfologic, împreună cu staza morfologică de lungă durată (până la 17 milioane de ani) manifestată de multe linii de descendență fosile în habitate fluctuante, reprezintă un puternic argument împotriva ideii potrivit căreia selecția stabilizatoare ar putea fi o explicație adecvată pentru fenomenul stazei biologice.[8]

TEORIA NEUTRALISTĂ

Începând cu anul 1968, când a formulat prima dată această idee, Motoo Kimura a condus un grup de geneticieni care susțineau, cu argumente matematice, că aproape toate mutațiile genetice care persistă sau ating o frecvență înaltă în rândul populațiilor de-a lungul generațiilor sunt neutre din punct de vedere selectiv: ele nu au un efect considerabil asupra valorii selective sau asupra adaptării morfologice.

Printre dovezile ce susțin această ipoteză se numără specia cunoscută drept rechinul Port Jackson. În ciuda modificărilor drastice de mediu despre care se presupune că au provocat trei extincții în masă, acest rechin și-a păstrat aspectul morfologic vreme de 300 de milioane de ani; astăzi supraviețuiește ca o „fosilă vie", în ciuda ratei modificărilor genetice, calculată prin totalul diferențelor ce există la nivelul aminoacizilor între globulina alfa și globulina beta (150), apropiat de cel stabilit în cazul descendenței umane (147). În aceeași perioadă însă omul a evoluat din reptile asemănătoare mamiferelor, trecând prin mai multe tranziții. În general, rata schimbărilor genetice este destul de constantă în cazul tuturor filiațiilor, dar rata schimbărilor morfologice variază semnificativ de la o filiație la alta.[9i]

Teoria neutralistă este în esență ipoteza derivei genetice[ii] propusă de Sewall Wright, care a fost ignorată de arhitecții modelului neodarwinist

---

[i]) Vezi pagina 393 pentru exemple asemănătoare oferite în 1986 de Christian Schwabe.

[ii]) Vezi pagina 328.

fiindcă nu se potrivea cu transformarea fondului genetic comun al unei populații pornind de la selecția naturală a mutațiilor genetice benefice din punct de vedere adaptativ.

H. Allen Orr, un apărător al tradiției neodarwiniste, susține că noua tehnologie de secvențiere a genomului și testele statistice pentru diferențierea modificărilor neutre din genom de cele adaptative ne demonstrează că susținătorii teoriei neutraliste subestimează importanța selecției naturale. Orr citează cercetarea lui David J. Begun și a lui Charles H. Langley, de la Universitatea din California, Davis, bazată pe analiza unui total de 6.000 de gene preluate de la două specii diferite de drosofilă ce s-au desprins dintr-un strămoș comun, și conchide că selecția naturală pozitivă – în cadrul căreia mediul înconjurător crește frecvența unei mutații benefice inițial rare – este răspunzătoare pentru cel puțin 19% din diferențele genetice dintre cele două specii.[10] Dacă așa stau lucrurile, nu mai avem de-a face cu o confirmare categorică a unui model al cărui *unic* mecanism de transformare genetică este selecția naturală (ca să nu mai vorbim de eroarea presupusă de ideea că mediul înconjurător realizează o selecție activă).

DUPLICAREA ÎNTREGULUI GENOM

Cazurile tot mai numeroase de poliploide descoperite nu numai la plante, dar și la o gamă largă de specii animale[i] au retrezit interesul pentru ipoteza formulată în 1970 de specialistul în genetică moleculară Susumu Ohno, care a fost în mare parte ignorată sau respinsă la momentul respectiv.

Pe baza dimensiunilor relative ale genomului și observațiilor că speciile tetraploide (care conțin patru seturi de cromozomi în fiecare celulă) apar în mod natural la pești și la amfibieni, Ohno a speculat că o asemenea dublare a numărului normal de cromozomi este răspunzătoare de modificări evolutive majore. Această ipoteză este cunoscută și sub numele de 2R, deoarece reformulările sale ulterioare susțineau că au existat două runde de duplicare a întregului genom în apropierea rădăcinii ancestrale a arborelui vertebratelor. Se crede că o astfel de duplicare a permis inovației biologice să se manifeste mult mai eficient și că toate vertebratele, inclusiv oamenii, sunt organisme poliploide degenerate.

Aceste afirmații sunt controversate și greu de probat, deoarece se cunosc puține lucruri despre diploidizare, proces prin care o specie tetraploidă devine, prin degenerare, diploidă. Totuși, ipoteza este susținută de dovezi potrivit cărora o mare parte din genomul uman și din cel al șoarecelui conțin pe un cromozom perechi de gene care sunt duplicate pe alți trei

[i]) Vezi pagina 367.

cromozomi. În 2007, patologul Masanori Kasahara susținea că analiza genomică a unor specii importante de cordate asigură acum „dovezi incontestabile ce susțin ipoteza 2R“[11].

EPIGENETICA

Dovezile moștenirii caracterelor dobândite fără nici o modificare genetică au amplificat interesul pentru epigenetică, ce fusese folosită în investigarea embriologiei și dezvoltării.

Asemenea darwinismului, acest cuvânt este folosit cu sensuri diferite. Cercetătorii actuali folosesc termeni tehnici în diversele lor definiții care pot fi rezumate astfel:

> **epigenetică** Studiul mecanismelor de reglare genetică ce produc modificări în fenotipul unui organism fără a antrena însă modificări ale secvențelor de ADN ale genelor propriu-zise.

Include mecanisme prin care celulele stem se diferențiază în celule cu funcții specializate pentru a forma corpul unui embrion ce se va dezvolta apoi într-un organism independent. Multe astfel de tipare epigenetice sunt resetate atunci când organismul se reproduce, însă dovezile din ultimii zece ani demonstrează existența unei moșteniri epigenetice.

> **moștenire epigenetică** Transmiterea de la celula-părinte la celula-fiică, prin replicare asexuată sau prin reproducere sexuată, a unor variații ce produc variații la nivelul caracterelor organismului, dar nu și la cel al secvenței de baze ale ADN-ului.

Au fost identificate trei mecanisme principale:

a. Modificarea chimică, în special metilarea, prin care un grup metil (CH_3–) înlocuiește hidrogenul (H–) sau un alt grup din molecula de ADN sau din proteinele numite histone care împachetează ADN-ul din nucleul celular în forma condensată cunoscută drept cromatină.
b. Modificarea plierii cromatinei unei celule.
c. Legarea specifică a unui ARN nuclear mic de secvențe de ADN.

Mecanismele diferite ale activării sau inhibării genelor pot acționa independent sau pot fi interdependente, în sensul în care orice modificare menită să activeze sau să inhibe o genă va duce la modificări ulterioare.

Prin urmare, moștenirea epigenetică nu presupune modificări ale genelor, așa cum se întâmplă în modelul neodarwinist, ci mai degrabă modificări

ale felul în care se exprimă genele respective. Acest mecanism oferă o explicație la nivel molecular a moștenirii lamarckiene a caracteristicilor dobândite. De exemplu, Matthew Anway și colegii săi au conchis că, în cazul șobolanilor cercetați de ei, creșterea infertilității moștenite pe linie masculină fără nici o modificare genetică subiacentă[i] este asociată cu metilarea.

OMOLOGIA PROFUNDĂ ȘI EVOLUȚIA PARALELĂ

Motivați de descoperirea faptului că genele responsabile pentru dezvoltare sunt foarte asemănătoare la o gamă largă de specii, paleontologul și biologul evoluționist Neil Shubin și colegii săi de la Universitatea din Chicago au propus în 1997 ipoteza omologiei profunde. În esență, această ipoteză susține că astfel de gene sau versiunile lor ancestrale au aparținut unui strămoș comun foarte îndepărtat, astfel încât aparentele convergențe evolutive independente sunt de fapt evoluții paralele. În plus, Shubin e de părere că descoperirea mai multor omologii profunde în următorii doisprezece ani a întărit această ipoteză.[12]

În cazul ochilor, de exemplu, Shubin afirmă că toate variațiile moderne ale sensibilității la lumină întâlnite la animalele cu simetrie bilaterală își au originea în celule fotosensibile prezente la un strămoș comun, Pax-6 și alți factori de transcripție contribuind la producerea proteinelor numite opsine.

Deși Shubin afirmă că circuitele regulatoare ancestrale oferă un substrat din care se pot dezvolta noi structuri, el nu explică nici de ce se dezvoltă și nici din ce cauză mecanismul regulator al genelor din familia Hox produce planuri corporale foarte diferite la animalele cu simetrie bilaterală.

CONVERGENȚA EVOLUTIVĂ

Simon Conway Morris, paleontolog la Universitatea Cambridge, susține că principiul adaptativ și inerența au drept rezultat limitarea evoluției biologice la o serie de efecte restrânse. Ca argumente pentru ipoteza convergenței evolutive aduce exemple din întreaga ierarhie biologică, de la molecule și organe la sisteme sociale și procese cognitive.[13]

Numărul de aminoacizi este vast și totuși numai 20 dintre ei se găsesc în organisme. Dacă luăm în considerare o proteină compusă dintr-un lanț de 100 de aminoacizi, modurile în care aceștia se pot asambla sunt în număr de 20^{100} până la 10^{130}, un număr astronomic, însă numai o fracțiune infini-

[i]) Vezi pagina 408.

tezimal de mică dintre respectivele combinații se găsesc în organisme. În mod asemănător, cât privește funcția lor metabolică, proteinele sunt pliate numai într-un număr extrem de mic de moduri din câte sunt posibile.[i]

În privința organelor, Conway Morris afirmă că ochiul asemănător unui aparat foto cu o singură lentilă a evoluat independent de cel puțin șase ori la specii ce variază de la caracatițe la mamifere, în timp ce la o gamă largă de specii se produce o „convergență galopantă" la nivelul altor organe, precum cele răspunzătoare de miros, auz, ecolocație și electrorecepție. Morris susține că în constrângerile ce însoțesc dezvoltarea organelor de simț „putem să abordăm problema mai largă a evoluției sistemelor nervoase, a creierului și poate, în cele din urmă, a conștiinței".

Comportamentul manifestă la rândul său convergență evolutivă. Eusocialitatea, în cadrul căreia există numai o singură femelă reproductivă, în timp ce restul membrilor coloniei îndeplinesc funcții specializate, a evoluat independent nu numai la multe specii de furnici, albine, viespi și termite, ci și la creveți și la cârtițele golașe. Deși nu toate speciile de insecte au o astfel de organizare socială, Conway Morris susține că cele eusociale domină mediul înconjurător în care trăiesc, adică sunt mai bine adaptate și au eliminat echivalentele lor lipsite de eusocialitate. Agricultura a evoluat independent, de la furnicile crescătoare de fungi din America Centrală și de Sud până la oameni.

Conway Morris admite că, în condițiile în care arborii filogenetici se află într-o constantă schimbare, ar putea fi dificil să deosebești între evoluția convergentă independentă și evoluția paralelă. Însă Morris susține că exemplele sale țin de specii atât de diferite, încât probabilitatea unei evoluții paralele este extrem de redusă. El consideră că rolul genelor conservate ce reglează dezvoltarea la o varietate de specii, precum Pax-6, în cazul ochilor, este mult prea accentuat, deoarece Pax-6 este implicată și în dezvoltarea altor organe. Aceeași genă se exprimă și în cazul nematozilor fără ochi și, cu toate că dezvoltarea ochilor este controlată de Pax-6, structura în sine a ochilor a evoluat prin convergență.

Morris conchide că fenomenul convergenței evolutive permite predicții de prim ordin referitoare la apariția proprietăților biologice importante pe Pământ. Una dintre acestea este progresul.

> De-a lungul timpului geologic putem observa apariția unor lumi mai complexe [...], la animale observăm emergența unui creier mai mare și mai complex, vocalizări sofisticate, ecolocație, percepție electrică, sisteme sociale avansate, inclusiv eusocialitate, viviparitate [faptul de a naște

[i]) Vezi paginile 264–270.

pui vii], sânge cald și agricultură, iar toate astea sunt convergente – ceea ce mie îmi sună a progres.

În plus:

> Constrângerile evoluției și ubicuitatea convergenței fac din apariția unor ființe precum oamenii un fapt aproape inevitabil.

Specialistul în ecologia animalelor Rob Hengeveld, de la Universitatea din Amsterdam, a atacat această ipoteză argumentând că Conway Morris este selectiv în exemplele sale și ignoră numărul foarte mare de divergențe pe care le prezintă evoluția biologică. În plus, multe dintre pretinsele convergențe sunt îndoielnice. De exemplu, numai câțiva pești au o formă asemănătoare torpilei, comparativ cu mii de alte specii care au forme diferite.

Cred că Hengeveld are dreptate să critice unele presupuse convergențe. În plus, pretinsa evoluție independentă a agriculturii la furnicile cultivatoare de fungi și la oameni confundă comportamentul instinctiv al furnicilor cu cel uman, care este caracterizat prin inteligență și prin planificare.

Hengeveld are de asemenea dreptate să sublinieze tiparul evoluției divergente, pe care Conway Morris îl ignoră în mare măsură. Pe de altă parte, Conway Morris are dreptate când identifică tiparul complexificării progresive. Cele două tipare sunt compatibile: a existat un număr uriaș de filiații animale divergente; fiecare dintre ele a cunoscut complexificarea, pornind de la un nivel comparativ redus și ajungând la staza (și de obicei dispariția) de la capătul fiecărei filiații și, în cazul omului, la cea mai înaltă complexitate.

Conway Morris atribuie cauza convergenței „principiului adaptativ" și „constrângerilor evoluției", care reprezintă „tendința recurentă a organizării biologice de a ajunge la aceeași «soluție» pentru o «necesitate» particulară", în mare parte datorită „inerenței". Totuși, aici se descrie tiparul fenomenelor, și nu cauza tiparului.

Pentru a fi mai mult decât tautologie sau descriere, principiul adaptativ și inerența trebuie să aibă rol de principiu specific sau de lege aplicabilă tuturor fenomenelor biologice, ceea ce nu se întâmplă în momentul de față.

TEORIA EMERGENȚEI

În capitolul 15 am discutat propunerea lui Harold Morowitz în contextul expunerii unor ipoteze despre apariția vieții.[i] Morowitz identifică 19 manifestări ale complexificării în evoluția vieții, de la procariote la filozofie.

[i]) Vezi paginile 294–295.

Pentru a explica de ce apar relativ puține entități în fiecare dintre aceste etape majore de tranziție evolutivă, având în vedere că există nenumărate posibilități, Morowitz caută reguli ale selecției, echivalente biologice ale principiului de excluziune al lui Pauli, care selectează dintre miliardele de posibile niveluri de energie ale electronilor unui atom pe acelea care produc micul număr de elemente ce se găsesc în natură.[i]

Morowitz susține că în unele cazuri „în competitivul domeniu darwinian [...] principiul dominant al selecției este adaptarea definită prin reproducere și supraviețuire", ceea ce este o tautologie, iar în alte cazuri principiul selecției „nu e deloc evident".

Ideea existenței uneia sau mai multor reguli subiacente ale selecției care să explice cazurile de complexificare identificate de Morowitz este atractivă. Totuși, la fel ca în cazul explicației apariției vieții, Morowitz nu a depășit nivelul descrierii fenomenelor.

COMPLEXITATEA AUTOORGANIZATĂ

Stuart Kauffman a avansat această ipoteză ca explicație a apariției vieții[ii], și o folosește pentru a explica nu numai embriologia organismelor, ci și evoluția speciilor.[14]

Cât privește primul aspect, Kauffman spune că motivul pentru care celulele stem cu genomuri identice se diferențiază în celule specializate – cum ar fi celulele hepatice, celulele musculare și așa mai departe – este acela că numai relativ puține gene din fiecare celulă stem sunt activate, iar această activare are configurații diferite în fiecare celulă. În opinia sa, genomul operează ca o rețea în care genele își reglează reciproc activitatea, nici una dintre gene nefuncționând ca un coordonator, iar acest comportament autoorganizat reprezintă un sistem dinamic neliniar.

Modelul său computerizat presupune că fiecare genă este un nod (*N*), care este fie activat, fie dezactivat, și că fiecare nod este legat printr-un număr de conexiuni (*K*) de alte gene care stabilesc dacă gena-nod e activată sau nu.

Presupunând că această rețea *NK* este guvernată de un tip special de reguli de comutare în logică booleană, numite funcții canalizatoare (de genul activat sau dezactivat), rezultă că atunci când $K=1$ sistemul tinde să înghețe. Dacă *K* este mai mare de 2, sistemul devine haotic. Dar când $K=2$ sistemul atinge în mod spontan stabilitatea la limita haosului. Mai precis, se stabilizează într-un tipar ce repetă un ciclu de stări în care durata fiecărui

[i]) Vezi paginile 173–174.
[ii]) Vezi paginile 290–293.

ciclu de stare este egală cu rădăcina pătrată a lui *N*. Astfel, dacă există 100 de gene într-un genom și fiecare dintre ele este conectată cu alte două gene, atunci se va stabiliza într-un ciclu repetitiv alcătuit din 10 pași (10 fiind rădăcina pătrată a lui 100); în decursul fiecărui pas, se activează câte un mecanism chimic diferit pentru a produce o celulă cu funcție diferită: o celulă hepatică sau una musculară.

Kauffman susține că numărul de pași dintr-un ciclu este aproximativ egal cu numărul tipurilor de specializare a celulelor. Prin urmare, în cazul genomului uman, care e alcătuit din 100.000 de gene, rădăcina pătrată a lui 100.000 este 316, astfel încât modelul prezice că numărul de tipuri celulare ar trebui să fie 316, ceea ce este apropiat de numărul real: 254.[i] (Astăzi se estimează că omul are cel mult 25.000 de gene, rădăcina pătrată fiind 158.)

Kauffman compară numărul de tipuri de celule cu rădăcina pătrată a numărului de gene întâlnit la diferite organisme, de la bacterii la om, și descoperă o strânsă corelație – iar asta reprezintă, în opinia sa, confirmarea empirică a ipotezei pe care o propune.

Ideea că genele din celulele stem ar organiza în mod spontan producerea unor celule specializate în conformitate cu o regulă implicită ce stabilește numărul de conexiuni pe care o genă le are cu alte gene este destul de atractivă. Pare să fie un echivalent biologic al principiului de excluziune al lui Pauli.

Totuși, modelul lui Kauffman nu explică de ce genele interacționează. Și nici ce anume determină ca numărul de conexiuni să fie egal cu doi (nici principiul de excluziune al lui Pauli nu explică de ce nu există doi electroni dintr-un atom sau o moleculă care să aibă aceleași patru numere cuantice).

În timp ce principiul de excluziune al lui Pauli a prezis cu precizie existența unor noi elemente care au fost descoperite ulterior, precizia predictivă susținută de Kauffman este pusă sub semnul întrebării de ceea ce cunoaștem astăzi despre gene și genom. Corelațiile sale presupun că numărul de gene dintr-un organism este proporțional cu cantitatea de ADN, dar tabelul 18.1[ii] ne arată că lucrurile nu stau chiar așa.

Deși genele sunt într-adevăr reglate de rețele, aceste rețele nu par să implice doar gene ce alcătuiesc 2% din genom, ci și o mare parte din restul de 98%.

Folosind raționamente, presupuneri și modele computerizate similare, Kauffman susține că o rețea complexă de specii ce interacționează între ele și cu mediul înconjurător, supunându-se forței selecției naturale (pare

---

[i]) Kauffman vorbește mai curând de 370 decât de 316. Numărul tipurilor de celule depinde de criteriile de clasificare. Cele mai multe clasificări menționează între 210 și 260 de tipuri, însă grupează toți neuronii din sistemul nervos central în aceeași categorie.

[ii]) Vezi pagina 378.

să accepte ideea greșită că selecția naturală este o cauză), va evolua natural către o fază de tranziție situată la limita haosului. Odată ajunsă aici, în homeostază, evoluția biologică se va produce cu rapiditate, deoarece rețeaua posedă stabilitate, dar părțile sale sunt conectate suficient de lejer încât schimbările petrecute într-una sau în mai multe părți să poată produce o schimbare a întregii rețele interactive.

Kauffman a avansat această idee în 1991, iar de atunci matematicienii, informaticienii și specialiștii în fizica stării solide au îmbunătățit modelele computerizate. Cu toate astea, noile modele nu au fost fundamentate suficient pe datele biologice. Așadar, la fel ca în cazul explicației sale cu privire la apariția vieții, această idee nu oferă în prezent decât speranța că modelele sale vor conduce la descoperirea unor noi legi mai profunde ale evoluției biologice sau la o lege fizico-chimică sau a formei ce impune constrângeri posibilităților biologice altminteri nelimitate.

LEGILE EVOLUȚIEI GENOMULUI

În 2011, Eugene Koonin, biolog evoluționist și informatician de la Institutul Național de Sănătate din SUA, a susținut că cercetarea din genomica evolutivă cantitativă și din biologia sistemică a dus la descoperirea a patru tipare universale ale evoluției genomului și fenomului la toate filiațiile evolutive pentru care există date genomice, inclusiv diverse grupuri de bacterii, arhee și eucariote.

Koonin afirmă că aceste tipare statistice foarte tehnice nu numai că sunt surprinzătoare, dar pot fi totodată explicate prin modele matematice simple, asemănătoare celor folosite în fizica statistică. Un astfel de model este cel ce conține variabilele naștere-moarte-inovație, care cuprinde numai trei procese elementare: (1) nașterea genelor (duplicare), (2) moartea genelor (eliminare) și (3) inovarea (achiziția unei noi familii, prin transferul orizontal de gene, de exemplu). Astfel de modele nu cuprind selecția naturală. De aici Koonin conchide că aceste tipare nu sunt modelate de selecția naturală neodarwiniană, ci sunt proprietăți emergente ale unor ansambluri de gene.

Koonin recunoaște că procesul și parcursul evoluției biologice depind în mod critic de evenimente istorice neprevăzute și presupun importante „cârpeli“ adaptative, astfel încât o teorie complet fizică a biologiei evoluționiste este de neconceput. Totuși, în opinia sa, universalitatea unor tipare ale evoluției genomului și fenomului molecular, precum și capacitatea modelelor matematice simple de a le explica, sugerează că se pot elabora legi ale biologiei evoluționiste comparabile ca statut cu legile fizicii.[15]

Dacă Koonin are dreptate, cu ajutorul acestei abordări s-ar putea determina de ce rezultatele evoluției biologice sunt limitate la doar câteva dintre posibilitățile aproape nelimitate. O soluție ar fi folosirea modelelor pentru predicția evoluției viitoare a speciilor cu modificare rapidă, precum drosofila.

INGINERIA GENETICĂ NATURALĂ

Tot în 2011, James Shapiro, profesor la departamentul de biochimie și biologie moleculară de la Universitatea din Chicago, a contestat perspectiva ortodoxă neodarwinistă potrivit căreia evoluția biologică este provocată de modificări genetice aleatorii petrecute în cadrul unui genom altminteri static. Shapiro susține că celulele au o capacitate înnăscută de a-și reorganiza genomurile ca reacție la diferite tipuri de stimuli.

Pentru a susține ceea ce el numește „ingineria genetică naturală", Shapiro se bazează pe dovezile examinate în capitolele 17–19, împreună cu ipotezele discutate în acest capitol și cu propriile sale idei. Mai exact, susține că hibridizarea reușită între membrii unor specii diferite[i], transpozonii[ii], epigenetica, transferul orizontal de gene[iii], duplicarea întregului genom și simbiogeneza (unirea a două organisme separate pentru a forma un singur organism nou, discutată în capitolul următor), împreună cu studiile referitoare la modul în care celulele influențează exprimarea, reproducerea, transmiterea și restructurarea moleculelor lor de ADN, arată că genomurile nu sunt sisteme de memorie de tip „doar pentru citire" supuse unor modificări accidentale, ci sunt sisteme de stocare a informației de tip „citire-scriere" situate la toate scările timpului, de la ciclurile unei singure celule la eoni evolutivi. Capacitatea de a evolua progresează odată cu evoluția: organismele vii sunt ființe ce se modifică de la sine și sunt intrinsec teleologice.

Paradigma biologică actuală, dezvoltată de specialiști în genetica populațiilor și zoologi care lucrează în laborator, nu reușește să explice rapiditatea și varietatea complexificării biologice; în plus, mutațiile aleatorii graduale au mai multe șanse să se degradeze decât să creeze. Integrarea științelor biologice cu o abordare bazată pe informație și sisteme, susține Shapiro, va produce o nouă paradigmă pentru secolul XXI.[16]

Criticile aduse de Shapiro paradigmei neodarwiniste actuale sunt bine argumentate. Cu toate astea, el nu oferă o nouă paradigmă, ci mai curând

---

[i]) Vezi pagina 338.
[ii]) Vezi pagina 376.
[iii]) Vezi paginile 367–368.

programul unei paradigme bazate pe conceptul automodificării organismelor ce se dovedește a fi mai concordantă cu dovezile existente decât cea actuală.

BIOLOGIA SISTEMICĂ

Biologia sistemică a apărut la mijlocul anilor '60 ca o abordare multidisciplinară care, spre deosebire de reducționismul neodarwinist, adoptă o perspectivă holistică asupra fenomenelor naturale și își propune să găsească proprietăți emergente.

Biologii au făcut apel la informaticieni, matematicieni, fizicieni și ingineri pentru a studia ființele vii ca o rețea integrată și interactivă de gene, proteine și reacții biochimice care dau naștere vieții și sunt răspunzătoare de forma și funcțiile unui organism. Ei afirmă că aceste proprietăți emergente nu pot fi atribuite unei singure părți din sistem, care este astfel o entitate ireductibilă. Unul dintre fondatorii acestei abordări, profesorul Denis Noble, codirector al departamentului de fiziologie computațională de la Universitatea Oxford, spunea:

> Biologia sistemică [...] se referă mai curând la unire decât la separare, mai curând la integrare decât la reducere. Ne permite să dezvoltăm perspective asupra integrării care să fie la fel de riguroase ca programele noastre reducționiste, dar diferite [...]. Înseamnă să ne schimbăm filozofia în sensul deplin al cuvântului.[17]

Inițial, programele sale de cercetare erau centrate în special pe științele medicale, precum investigarea sistemului imunitar al organismului, care nu e rezultatul unui singur mecanism sau al unei singure gene. De fapt, interacțiunile dintre numeroase gene, proteine, mecanisme și mediul înconjurător al organismului sunt cele care produc reacții imunitare capabile să lupte împotriva infecțiilor și bolilor.

Biologia sistemică s-a extins și a devenit o subdisciplină clar definită la începutul secolului XXI, când dezvoltarea tehnologică a permis secvențierea rapidă și completă a genomurilor. În încercarea de a înțelege informațiile din domeniul secvențierii moleculare, al căror volum crește exponențial, biologia sistemică s-a sprijinit pe bioinformatică și pe specializări precum genomica, epigenomica, transcriptomica, proteomica și așa mai departe.

În 2010, Sydney Brenner, specialist în biologie moleculară și laureat al Premiului Nobel, a atacat biologia sistemică spunând că e sortită eșecului deoarece deducerea unor modele ale funcționării pornind de la comportamentul sistemelor complexe este o problemă inversată, imposibil de

rezolvat. Eu cred că Brenner voia să sublinieze că, în cazul unui sistem complex precum o celulă, există o cantitate incomensurabilă de modele posibile și nu avem cum să deducem care dintre ele este cel corect.

Experții în biologie sistemică încearcă însă să găsească reguli prin care să selecteze modelele funcționale din toate variantele posibile. Adesea fac acest lucru folosind algoritmi în modele computerizate care conduc la emergența uneia sau mai multor proprietăți noi ce se apropie cel mai mult de emergența unei noi proprietăți la un nivel biologic superior.

Brenner contraatacă spunând că „majoritatea observațiilor făcute de specialiștii în biologie sistemică sunt instantanee statice, iar măsurătorile lor sunt incorecte [...]. Orice neliniaritate în sistem este o garanție că multe dintre modele vor deveni instabile și nu se vor potrivi cu observațiile“[18].

Ca subdisciplină, biologia sistemică se află abia la început de drum, și este mult prea devreme pentru a o respinge. Dimpotrivă, abordarea ei filozofică are dreptate să trateze lucruri precum celulele și niveluri superioare acestora, precum organismele și chiar coloniile de furnici, ca părți interconectate ale unor întreguri ireductibile ce interacționează cu mediul înconjurător. Principalul pericol în viitor este acela că, din dorința de a fi riguroși precum reducționiștii, specialiștii acestei subdiscipline se vor concentra atât de mult pe investigarea specializată a părților, încât vor pierde din vedere întregul.

IPOTEZA GAIA

Spre deosebire de biologia sistemică, ipoteza Gaia, formulată în anii ’60 de cercetătorul britanic independent James Lovelock, se raportează la întregul Pământ. Conform acestei ipoteze, biosfera, atmosfera, oceanele și solul Pământului reprezintă un sistem interactiv capabil de autoreglare ce produce un mediu fizic și chimic optim pentru apariția vieții pe Pământ.[i]

De când Lovelock a dezvoltat această ipoteză în colaborare cu Lynn Margulis, noile date și criticile ulterioare au dus la ramificarea ipotezei într-o multitudine de forme apărate de diverși susținători.

Cât despre evoluția biologică, ipoteza Gaia respinge modelul neodarwinist al adaptărilor graduale ale unei populații la mediul înconjurător fizic. Acest mediu înconjurător fizic este modelat de o rețea de sisteme vii capabile de inovație, ceea ce are ca rezultat o coevoluție cu rețelele neînsuflețite ce funcționează la nivel planetar. Ca să-l citez pe Lovelock, „evoluția organismelor vii este atât de strâns legată de evoluția mediului lor înconjurător, încât alcătuiesc împreună un singur proces evolutiv“[19].

[i]) Vezi pagina 225.

La nivel intuitiv, toate aceste lucruri par cât se poate de logice, iar multe dintre modelele informatice simple ale ipotezei Gaia se bazează pe date extrase din cercetarea atmosferei, a oceanelor și a organismelor la nivel global. Totuși, în forma sa actuală, ipoteza nu oferă explicații suficient de tangibile cu privire la evoluția speciilor.

CAUZALITATEA FORMATIVĂ

Ipoteza epigenetică examinată anterior sugerează *cum* apar modificările negenetice, dar nu explică și *de ce* se produc: de ce o grupare metil ar înlocui hidrogenul, de exemplu, sau de ce un mecanism epigenetic ar determina celulele stem să se dezvolte în celule hepatice, nervoase etc., pentru ca apoi să se dezvolte într-un adult independent, proces cunoscut sub numele de morfogeneză.

Ipoteza cauzalității formative propusă de biologul botanist Rupert Sheldrake și discutată în capitolul 13, când am încercat să aflăm ce este viața, caută să explice nu numai cum se produc morfogeneza și evoluția biologică, ci și de ce se produc: natura are deprinderi.[i]

În opinia lui Sheldrake, legile imuabile universale, care sunt concepte deterministe newtoniene, nu există. (Ce cauzează aceste legi universale? Newton credea că Dumnezeu.) Sheldrake susține că memoria este inerentă în natură sub forma unor câmpuri morfice universale ce determină dezvoltarea formelor la toate nivelurile de complexitate, structură și organizare, de la atomi până la comportament și minte, și că aceste câmpuri morfice evoluează odată cu universul.

Astfel, morfogeneza este guvernată de un câmp morfogenetic ce impune un tipar unei activități altminteri aleatorii și nedeterminate. Acest câmp este generat, de exemplu, de tiparul tuturor celulelor stem anterioare care s-au diferențiat în celule hepatice, nervoase și așa mai departe, ceea ce se petrece când seturi diferite de gene din genomuri identice sunt activate de-a lungul unor perioade determinate. Câmpul morfogenetic impune acest tipar caracteristic de dezvoltare prin ceea ce Sheldrake numește rezonanța morfică, prin analogie cu rezonanța energetică. De exemplu, pentru a produce spectrul de absorbție care le este caracteristic, atomii și moleculele absorb doar unde de lumină cu anumite frecvențe. Nucleii atomici plasați într-un câmp magnetic puternic absorb numai undele radio cu anumite frecvențe, fenomen cunoscut drept rezonanță magnetică nucleară. În fiecare caz, sistemul răspunde sau rezonează numai la anumite frecvențe.

[i]) Vezi paginile 242–243.

În același fel, celulele stem rezonează la câmpul morfogenetic pentru a se dezvolta în felul lor caracteristic. *Mecanismul* prin care sunt reglate genele ar putea foarte bine să fie metilarea sau oricare alt mecanism epigenetic. Comportamentul diferențiator al celulelor stem noi se transmite prin rezonanță către câmpul morfogenetic universal, adăugând informații noi și permițându-i acestui câmp să evolueze. Această ipoteză oferă un răspuns căutărilor unui principiu al selecției în toate cazurile considerate până acum, unde posibilitățile teoretic nelimitate sunt reduse la un număr mic de rezultate observabile. De exemplu, transformarea inițială, probabil aleatorie, a unei celule într-o celulă hepatică generează un câmp morfogenetic care întărește această tendință. Milioane de ani mai târziu, din cauza numărului atât de mare de celule stem anterioare care s-au diferențiat în celule hepatice, tiparul impus comportamentului unei noi celule stem este atât de puternic, încât seamănă cu o lege. Dar nu este vorba despre un principiu, în sensul de lege universală aplicabilă în orice moment. Micile schimbări în comportamentul noilor celule stem sunt încorporate în câmpul morfogenetic; acestea se acumulează în timp, producând o evoluție a respectivului câmp și astfel a legii observate și a felului în care se comportă celulele stem ulterioare.

Sheldrake aplică acest concept al cauzalității formative în cazul tuturor aspectelor evoluției biologice, explicând fenomenele într-un mod ce contrazice ortodoxia neodarwinistă. În plus, Sheldrake pretinde că ipoteza sa are fundamentare empirică. În cazul moștenirii caracteristicilor dobândite, de exemplu, William Agar și colegii săi de la Universitatea din Melbourne au prezentat în anul 1954 un experiment menit să elimine erorile din experimentele anterioare de antrenare a șobolanilor. Echipa lui a introdus o specie de șobolan într-un bazin cu apă cu două căi posibile de scăpare. Calea „corectă“ era întunecată, iar cea „greșită“ era luminată. Șobolanii care alegeau calea greșită primeau un șoc electric. Cercetătorii alternau cele două ieșiri în cursul repetării experimentului și cei mai mulți șobolani au învățat treptat să aleagă calea corectă.

Timp de 20 de ani, Agar a măsurat rata învățării la șobolanii antrenați și neantrenați de-a lungul a 50 de generații succesive. El a remarcat o tendință accentuată a șobolanilor din grupul antrenat de a învăța mai repede în generațiile succesive, în conformitate cu explicația epigenetică lamarckiană a moștenirii a caracterelor dobândite. Însă a observat aceeași tendință *și* în cazul urmașilor șobolanilor neantrenați, fapt care nu se mai explică prin moștenirea lamarckiană, și cu atât mai puțin prin modelul neodarwinist.[20]

Sheldrake are o minte suficient de deschisă pentru a recunoaște că, deși se potrivește cu modelul propus de el, acest experiment nu confirmă ipo-

teza cauzalității formative, deoarece îmbunătățirea ratei învățării la generațiile de șobolani neantrenați ar putea avea o cauză încă necunoscută.

Lipsa confirmării experimentale a ipotezei propuse de Sheldrake în 1981 ar putea fi atribuită reticenței comunității științifice.[i]

Am discutat ipoteze care îmbogățesc sau care pun sub semnul întrebării principiile actuale ale neodarwinismului în primul rând pentru a explica tiparul empiric al complexificării rapide și al inovației biologice. Voi face același lucru și în cazul ipotezelor care caută să explice în principal tiparele colaborării întâlnite peste tot în natură.

[i]) Vezi paginile 243–244.

CAPITOLUL 23

Ipoteze complementare și concurente 2: colaborarea

> Una dintre cele mai mari probleme ale științelor biologice și sociale este aceea de a explica comportamente sociale precum cooperarea.
> —Stuart West, 2011

> Multe din spusele lui Darwin sunt greșite, privite în detaliu. Dacă Darwin ar citi această carte, abia dacă și-ar putea recunoaște în ea propria teorie originală. —Richard Dawkins, 1976[i]

> Viața nu a cucerit planeta prin luptă, ci prin cooperare.
> —Lynn Margulis, 1987

SOCIOBIOLOGIA

Încercarea de a explica altruismul și colaborarea în termenii modelului neodarwinist i-a preocupat pe entomologi, zoologi, etologi, specialiștii în genetica populațiilor și alți biologi încă de la formularea modelului, deoarece singurul comportament recunoscut de perspectiva neodarwinistă este competiția. Problema a fost adusă în prim-plan de comportamentele sociale ale mai multor specii de insecte, motiv pentru care sociobiologia a fost lansată ca subdisciplină în 1975 de entomologul de renume mondial Edward O. Wilson prin publicarea volumului *Sociobiology: the New Synthesis*. În celebra sa carte, Wilson discută ipotezele avansate de specialiști din diferite domenii și propune integrarea lor cu scopul de a produce „un studiu sistematic al fundamentului biologic al tuturor comportamentelor sociale", inclusiv cel uman. Conform uneia dintre axiomele centrale ale ipotezei sale, comportamentul individului este modelat de genele sale și deci este ereditar și supus selecției naturale.[1]

Selecția grupală

Cu mult timp înainte de elaborarea sintezei neodarwiniste, Darwin a recunoscut conflictul dintre ipoteza sa, care e înrădăcinată în egocentrismul competitiv, și etica omenească. A ajuns astfel la concluzia că, deși oamenii

[i]) Traducere de Dan Crăciun (*n. red.*).

cu un standard înalt de moralitate sunt aproape complet dezavantajați față de ceilalți indivizi din același trib, un trib care dispune de oameni gata să sară în ajutorul celorlalți și să se sacrifice pentru binele comun va înfrânge majoritatea celorlalte triburi, „iar asta reprezintă selecție naturală“[2].

Deși Darwin avusese în vedere ideea potrivit căreia comportamentul uman este guvernat de rațiune, în cartea sa din 1962 intitulată *Animal Dispersion in Relation to Social Behaviour* [„Răspândirea animalelor în raport cu comportamentul lor social“], zoologul Vero Wynne-Edwards a aplicat ideea de selecție grupală la comportamentul animalelor, susținând că multe comportamente sunt mai degrabă adaptări ale grupului decât ale indivizilor.

Biologul evoluționist teoretician George C. Williams a atacat această ipoteză în influenta sa carte pe care a publicat-o în 1966 sub titlul *Adaptation and Natural Selection* [„Adaptarea și selecția naturală“] unde susține că „adaptările de la nivelul grupului de fapt nu există“[3].

Williams nu a criticat asocierea comportamentului animal instinctiv cu cel uman intenționat. Dimpotrivă, a aplicat abordarea reducționistă atât în cazul animalelor, cât și în cel al omului, declarând că „scopul reproducerii unui individ este [...] acela de a maximiza reprezentarea propriei plasme germinale în raport cu cea a restului indivizilor aceleiași populații“[4]. Williams a contribuit la fundamentarea unei perspective radicale asupra comportamentului centrat pe genă, adoptată ulterior de majoritatea sociobiologilor.

Altruismul bazat pe înrudire sau valoarea selectivă inclusivă

Nu știu dacă e vorba de un mit urban, dar se zice că această ipoteză își are originea într-un bar englezesc de la mijlocul anilor ’50. Geneticianul J.B.S. Haldane a fost întrebat dacă și-ar sacrifica viața pentru fratele său. După câteva calcule făcute pe loc, a răspuns că și-ar sacrifica viața numai pentru cel puțin doi frați sau opt veri. Raționamentul său era următorul: având în vedere că un frate posedă jumătate din totalul genelor sale, iar un văr de gradul întâi, doar o optime din același total, el ar putea asigura supraviețuirea unor cópii ale propriilor gene numai dacă doi frați sau opt veri ar supraviețui în urma morții sale.

Haldane a publicat aceste concluzii în 1955[5], însă abia în 1964 un alt genetician teoretician, William D. Hamilton[6], a exprimat această ipoteză sub forma unui model matematic complex bazat pe presupuneri referitoare la gene care ar determina indivizii să se comporte în concordanță cu o formulă ce a ajuns să fie cunoscută drept regula lui Hamilton:

$$r \times B > C$$

Unde *r* este gradul de înrudire genetică dintre altruist și beneficiar, *B* este avantajul reproductiv (exprimat ca număr de urmași) dobândit de beneficiarul comportamentului altruist, iar *C* este costul (exprimat ca număr de urmași) suferit de individul care se comportă altruist.

În cazul fraților, *r* este 1/2, deoarece au în comun jumătate din gene, în timp ce pentru veri de gradul întâi *r* este de 1/8, deoarece au în comun o optime din gene. Altruismul bazat pe înrudire pretinde că explică comportamentul altruist al oamenilor și animalelor, precum în cazul furnicilor lucrătoare care renunță la reproducerea proprie pentru a susține reproducerea accentuată a reginei, mama lor.

Hamilton a numit acest proces „valoare selectivă inclusivă" [*inclusive fitness*], pe care geneticienii teoreticieni au definit-o drept abilitatea unui organism de a-și transmite genele în generația următoare. Potrivit lui Hamilton, organismul poate face acest lucru în mod direct, prin reproducere sexuată, transmițând jumătate din genele sale fiecărui urmaș, sau o poate face indirect, prin favorizarea reproducerii unor gene identice din alte organisme. Astfel, valoarea selectivă inclusivă a acestui proces include atât metode directe, cât și metode indirecte.

George Price, specialist american în chimie fizică, a elaborat o teoremă matematică menită să extindă și să fundamenteze ideea lui Hamilton. Dar Price a recunoscut că demonstrarea matematică a ideii că altruismul este rezultatul tendinței genelor de a-și conserva cópii ale lor însele prin intermediul relațiilor de rudenie nu reprezintă o probă empirică a felului în care altruismul funcționează în lumea reală. Pentru a demonstra acest lucru, Price a început să-și împartă bunurile unor oameni cu care nu era înrudit genetic: omeni fără adăpost, alcoolici și dependenți de droguri. Într-un final, a fost evacuat din locuința pe care o închiriase și, după ce a trăit în diferite adăposturi din nordul Londrei, s-a sinucis.[7]

Ipoteza altruismului bazat pe înrudire sau a valorii selective inclusive prezintă șase probleme principale.

În primul rând, nu se referă la comportamentul celor mai numeroase specii de pe planetă, organismele unicelulare, precum procariotele, care se reproduc prin formarea de clone proprii și care pot utiliza transferul orizontal de gene pentru a dobândi gene noi sau a transmite gene diferitelor specii cu care pot să nu aibă nici o legătură de rudenie.

În al doilea rând, modelele matematice presupun că toți membrii unui grup se vor comporta la fel dacă împărtășesc aceleași gene. În realitate, relația dintre gene și comportament este mult mai complexă. Variațiile comportamentale dintre grupuri pot fi mari, chiar dacă variațiile genetice dintre ele sunt mici.[8]

În al treilea rând, comportamentele celor mai multe animale folosite ca exemplu nu sunt altruiste. În societățile insectelor, de exemplu, pierderea de către lucrătoare a capacității de reproducere pentru a ajuta regina să fie mai productivă este forțată, adesea cu cruzime.[i]

În al patrulea rând, se face confuzie între comportamentul animal instinctiv și comportamentul uman intenționat.

În al cincilea rând, nu explică altruismul uman. Altruismul lui Price a fost excepțional numai ca amploare. Mulți călugări și călugărițe adoptă în mod voluntar celibatul și își dedică viața actelor altruiste fără să fie vorba de nici o transmitere directă sau indirectă a genelor în generația următoare. În plus, atunci când cineva din Anglia donează suma de 1.000 de lire victimelor cutremurului din 2010 din Haiti, nu are loc o transmitere directă sau indirectă a genelor în generația următoare.

În al șaselea rând, chiar dacă recunoaștem că majoritatea exemplelor unor astfel de acte la animale reprezintă mai degrabă colaborări forțate sau instinctive decât altruism, înrudirea genetică cu verii de gradul al doilea este de 1/128 (o genă la fiecare 128 de gene). La acest nivel, reproducerea indirectă a propriilor gene este minimă, iar dincolo de acest grad de înrudire este chiar neglijabilă. Și totuși există nenumărate exemple de colaborare între rude îndepărtate ale aceleiași specii, precum și între membrii unor specii diferite.[ii]

„Altruismul reciproc“

Robert Trivers, sociobiolog teoretician de la Universitatea Harvard, a propus ideea de „altruism reciproc“ pentru a rezolva aceste două ultime probleme. În esență, el susține că animalele și oamenii au comportamente altruiste deoarece gestul lor va fi răsplătit în viitor.

Influentul său articol din 1971 „The Evolution of Reciprocal Altruism“[9], dezvoltă regula lui Hamilton prin apelul la calcule matematice ale beneficiilor și costurilor nete presupuse de actele altruiste ale fiecărui individ, controlate de gene diferite cu frecvențe diferite la nivelul populațiilor în momente diferite. Prin stabilirea unor costuri cât mai reduse pentru altruist și a unor avantaje cât mai mari pentru beneficiari, Trivers susține că profitorii (indivizii ce beneficiază de altruism fără a răspunde cu același gest) pot fi inițial avantajați; totuși, selecția naturală îi va favoriza în mai mare măsură pe indivizii care îi evită pe profitori și care colaborează cu cei ce i-au susținut în trecut. Trivers folosește trei exemple pentru a-și fundamenta ipoteza: (1) simbiozele bazate pe curățare, (2) strigătele de avertizare la păsări și (3) altruismul reciproc uman.

---

[i]) Vezi pagina 386.

[ii]) Vezi paginile 388–389.

Ipoteza este însă construită pe o eroare conceptuală fundamentală. Definiția universal acceptată a altruismului ar putea fi rezumată astfel:

> **altruism** Comportament caracterizat printr-o preocupare dezinteresată pentru binele celorlalți.

„Altruismul reciproc" este o contradicție în termeni. Dacă un gest este apoi răsplătit nu mai poate fi considerat un act altruist. Se transformă în ceea ce Kropotkin descria cu aproape 70 de ani în urmă drept ajutor reciproc.

Simbioza bazată pe curățare, discutată în capitolul 19, este un exemplu de ajutor reciproc între specii diferite: ca în cazul peștilor din specia *Labroides dimidiatus*, care se hrănesc cu paraziții din gura unor pești prădători de talie mare. Beneficiile pentru ambele părți sunt realizate imediat, și nu întârziate, după cum dă de înțeles ipoteza lui Trivers; el nu oferă nici o dovadă în favoarea discriminării profitorilor sau a colaborării selective cu indivizi care au ajutat în trecut.

Al doilea caz a fost studiat de Kropotkin: câteva păsări au rol de santinelă pentru restul stolului care se hrănește, iar când emit semnale de avertizare santinelele atrag atenția prădătorilor asupra lor, devenind mai vulnerabile. Nici în acest caz Trivers nu aduce dovezi că o pasăre nu ar acționa ca santinelă pentru păsările care au refuzat să joace acest rol în trecut sau că acționează numai pentru cele care au jucat acest rol în trecut.

În al treilea caz, Trivers nu face deosebire între ajutorul reciproc dintre oameni, ca în cazul societăților bazate pe cooperare, și altruism. Exemplul britanicului altruist care donează 1.000 de lire victimelor cutremurului din Haiti respinge nu numai ipoteza altruismului bazat pe înrudire, ci și ideea de „altruism reciproc": nici o persoană care donează bani într-un astfel de caz nu se așteaptă ca victimele să răspundă cu un gest similar în viitor.

În ciuda acestor deficiențe conceptuale, articolul lui Trivers a avut un mare impact printre sociobiologi. Ideile sale, împreună cu cele ale lui Hamilton, Price și Williams, au consolidat abordarea centrată pe genă și au stimulat apariția unei multitudini de lucrări teoretice pe care figura 23.1 le rezumă sub forma unei matrice alcătuite din patru comportamente bazate pe câștigul și pierderea valorii selective a actorului și beneficiarului. Comportamentul în care atât actorul, cât și beneficiarul câștigă este cooperant, cel în care actorul pierde și beneficiarul câștigă este altruist, cel în care atât actorul, cât și beneficiarul pierd este dușmănos, iar cel în care actorul câștigă și beneficiarul pierde este egoist.

Teoria jocurilor

Pentru a-și susține ipotezele, mulți sociobiologi invocă teoria jocurilor. Această teorie a fost dezvoltată în principal de matematicianul John von

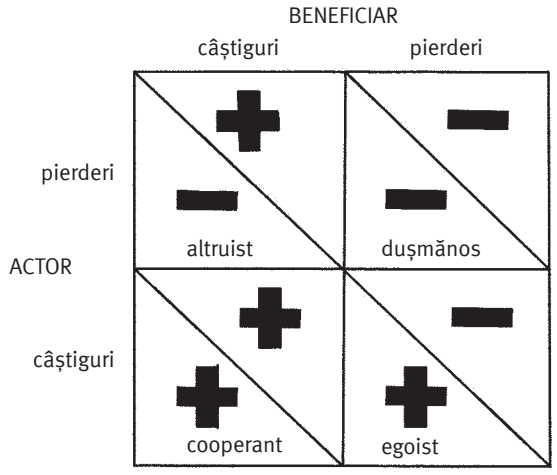


Figura 23.1 Matrice sociobiologică ce cuprinde patru tipuri fundamentale de comportament privite ca pierderi (–) și câștiguri (+) ale valorii selective de care au parte actorul și beneficiarul.

Neumann și economistul Oskar Morgenstern în cartea lor din 1944 *The Theory of Games and Economic Behavior* [„Teoria jocurilor și comportamentul economic"], pentru a prezice comportamentul economic; a fost de asemenea folosită pentru a concepe strategii militare după cel de-al Doilea Război Mondial. Un joc presupune minimum doi jucători aflați într-o situație competitivă. În esență, fiecare jucător are la dispoziție câteva opțiuni stabilite de creatorul jocului și joacă după reguli alese de același creator, cu obiectivul de a-și maximiza propriile recompense sau de a reduce recompensele celorlalți jucători.

Cu numărul lor arbitrar de jucători, opțiuni, reguli, recompense și penalizări, astfel de jocuri teoretice pot fi evaluate numai prin succesul predicțiilor lor. Palmaresul lor ca jocuri de război concepute de Pentagon și aplicate în Coreea, Vietnam, Cambodgia, Irak și Afganistan, și ca instrumente de analiză economică, unde nu au reușit să prezică prăbușirea pieței ipotecare, pierderea lichidităților marilor bănci, criza financiară globală din 2007–2008 și creșterea Chinei ca putere economică, nu ne inspiră prea multă încredere.

Jocul folosit de cei mai mulți sociobiologi este dilema prizonierului, pe care Hamilton și specialistul în științe politice Robert Axelrod obișnuiau s-o folosească pentru a arăta cum cooperarea este favorizată în cadrul grupurilor sociale. În cazul clasic, doi prizonieri sunt acuzați, să zicem, de jaf armat, pentru care ar trebui să primească o condamnare de 10 ani. Regulile spun că procurorul nu are suficiente dovezi pentru a-i acuza fără o mărturisire, și

astfel îi ține în încăperi separate și îi oferă fiecărui prizonier posibilitatea de a mărturisi sau nu, fără să știe alegerea celuilalt prizonier. Dacă vor mărturisi amândoi, vor primi o sentință redusă la, să zicem, 6 ani. Dacă nici unul din ei nu va mărturisi, fiecare va fi acuzat pentru o infracțiune mai mică, de pildă posesie ilegală de arme, și vor avea de executat câte 2 ani. Dacă prizonierul A mărturisește și celălalt nu o face, atunci prizonierul A va fi recompensat prin eliberare, în timp ce probele oferite de acesta vor servi la condamnarea prizonierului B, care va primi întreaga sentință de 10 ani. Același lucru se aplică și în cazul prizonierului B.

Prizonierul A va fi avantajat dacă mărturisește, indiferent ce va face prizonierul B; același lucru este valabil și în cazul prizonierului B. Prin urmare, un prizonier rațional care acționează în propriul său interes va mărturisi. Totuși, într-o societate alcătuită din doi prizonieri, rezultatul social dictat de cazul în care fiecare prizonier își urmărește propriul interes este cel mai rău dintre toate (rezultând o pedeapsă de câte 6 ani pentru fiecare, în total 12 ani). Dacă cei doi prizonieri cooperează și nici unul nu mărturisește, rezultatul social va fi cel mai bun (atunci vor primi fiecare câte 2 ani, adică un total de 4 ani). Prin urmare, cooperarea aduce beneficii societății și este favorizată.

Rezultă că actul cooperării este favorizat atunci când cei doi prizonieri nu acționează rațional, în propriul interes. Acest fapt contrazice principiul neodarwinist potrivit căruia evoluția este impulsionată de interesul personal competitiv.

Axelrod a formulat ulterior o versiune mai sofisticată, „dilema prizonierului iterată", în care jocul este simulat în mod repetat pe un computer astfel încât, de exemplu, fiecare alegere a unui jucător depinde de alegerea anterioară a celuilalt jucător.

Chiar și în acest caz prizonierilor nu li se permite să comunice între ei atunci când decid cum să acționeze. Dar cooperarea înseamnă muncă în comun, ceea ce necesită comunicare între cooperatori. Blocarea comunicării înseamnă blocarea cooperării, ceea ce ne arată că jocul este absurd.

În general, prin proiectarea unor reguli ale jocului și stabilirea valorilor numerice specifice pentru recompense și penalizări se poate demonstra că ambii jucători pot coopera din interese egoiste sau că unul din jucători va fi interesat să acționeze altruist din motivul pur egoist că va avea de câștigat pe termen lung. Sociobiologii au adaptat aceste jocuri pentru a explica nu numai comportamentul oamenilor, ci și pe cel al animalelor.

Într-un grup de animale nu există doar doi membri, și cu atât mai puțin două gene, care să joace după regulile simpliste întocmite de vreun Proiectant de Reguli transcendent care oferă fiecărui jucător numai două alternative și nici o interacțiune cu alți membri ai grupului, cu alte specii sau cu

mediul înconjurător. Aceste jocuri, create în anii '70, reprezintă realitatea în aceeași măsură în care o făceau celelalte jocuri care rulau pe computerele ZX Spectrum de 16 kilobiți sau Commodore 64 din acea epocă. Și totuși biologii evoluționiști încă le mai folosesc și astăzi.

Dovezile empirice

Cât despre dovezile empirice, exemplul emblematic al „altruismului reciproc" sunt liliecii vampiri. La începutul anilor 1980, behavioristul Gerald S. Wilkinson, pe atunci la Universitatea din California, San Diego, a făcut un studiu asupra acestor lilieci care regurgitează o parte din sângele consumat de la diferite mamifere pentru a hrăni alți lilieci care nu au reușit (sau pe care Wilkinson i-a împiedicat să) să se hrănească. Wilkinson a ajuns la concluzia că împărțirea hranei depinde în mod egal și în mod independent atât de gradul de rudenie, cât și de un indice de oportunitate a reciprocității, și că reciprocitatea operează în cadrul grupului alcătuit atât din rude, cât și din indivizi neînrudiți.[10]

Totuși, datele sale nu oferă exemple cu lilieci vampiri ce ar refuza să-i hrănească pe alții care anterior au refuzat să-și împartă hrana cu ei; și nici nu explică cum ar putea aceste animale să-și dea seama că gestul lor va fi răsplătit în viitor. Datele sugerează mai degrabă că hrana este împărțită între părinți și pui, iar în alte cazuri este determinată în mare măsură de nevoile indivizilor subnutriți, care nu ar rezista fără hrană mai mult de două nopți consecutive.

Psihologul și biologul evoluționist Marc Hauser și colegii săi de la Universitatea Harvard au trecut în revistă experimente mai recente în care s-a încercat antrenarea stăncuțelor și cimpanzeilor în jocul dilemei prizonierului, la care au adăugat experimentele lui Hauser cu maimuțe tamarin neînrudite genetic, pentru a oferi dovezi empirice în favoarea „altruismului reciproc".

O problemă în acest caz e aceea că Universitatea Harvard a confirmat în 2010 că o anchetă de trei ani l-a găsit pe Hauser vinovat de conduită științifică inadecvată. Acuzațiile includeau falsificarea datelor referitoare la comportamentul maimuțelor cercetate. Biroul de Integritate în Cercetare al Statelor Unite a conchis în 2012 că Hauser se face vinovat de conduită științifică necorespunzătoare, că a fabricat datele unui studiu și că a descris în mod fals metodologia altor studii. Hauser nici nu a recunoscut și nici nu a negat acuzațiile care i s-au adus, dar a demisionat din funcție.[11]

Într-un articol publicat în 2009, Hauser și colegii săi au ajuns la concluzia că

> Darwin știa că altruismul și moralitatea în general reprezintă veritabile enigme în lumina teoriei sale referitoare la selecția naturală. Din punctul

de vedere al genei, aceste acțiuni altruiste nu mai reprezintă o provocare pentru logica lui Darwin. Costurile altruismului sunt neutralizate fie prin înrudire, fie în virtutea perspectivei unor relații de reciprocitate altruistă. *Oricât de valabilă ar părea să fie, această perspectivă teoretică nu reușește în mare parte să explice absența altruismului reciproc și a comportamentului dușmănos în rândul vertebratelor sociale* [sublinierea îmi aparține].[12]

Adică modelul teoretic nu reușește să explice ceea ce se observă.

Stuart West și colegii săi au confirmat acest lucru în 2011, după o evaluare a literaturii de specialitate. „În general, după 40 de ani de entuziasm, nu avem un exemplu clar de reciprocitate la speciile nonumane."[13]

Cât despre comportamentul dușmănos (vezi figura 23.1), Andy Gardner și colegii săi de la Universitatea din Ontario au dezvoltat un model teoretic pentru viespile poliembrionice (identice genetic). Ele produc soldați care nu le apără, însă acționează ca mediatori (emițătorul pierde) și care sunt sterile (receptorul pierde). Cu o dexteritate semantică de care George Orwell ar fi fost mândru, ei susțin că acest model este „candidatul ideal pentru comportamentul dușmănos", dar „sunt valabile și alte interpretări, precum altruismul sau altruismul indirect"[14].

Concluzia lui Edward O. Wilson cu privire la selecția pe bază de înrudire se aplică atât în cazul „altruismului reciproc", cât și în cazul oricăruia dintre modelele matematice construite pentru a explica patru tipare fundamentale ale comportamentului animal și uman. Este „construită în așa fel încât să se ajungă la aproape oricare rezultat imaginabil și drept urmare este în mare măsură lipsită de conținut. Parametrii săi abstracți pot fi reformulați în așa fel încât să se potrivească oricărui set de date empirice, fără însă a putea să le și prezică în detaliu"[15].

Gena egoistă

Richard Dawkins a popularizat și a dezvoltat abordarea centrată pe genă cu precădere în două cărți: *Gena egoistă* (1976) și *Fenotipul extins* (1982).

Dawkins explică: „Argumentul din [*Gena egoistă*] este că noi și toate celelalte animale suntem mașini create de propriile gene". Competiția ce se petrece în natură nu se desfășoară între organisme, ci între gene, al căror scop este supraviețuirea și reproducerea. „Voi demonstra că o însușire predominantă, la care trebuie să ne așteptăm în cazul unei gene reușite, este un egoism nemilos."[16]

Adesea poreclit rottweilerul lui Darwin, Dawkins este suficient de sincer pentru a admite că Darwin cu greu și-ar fi recunoscut propria teorie în ipoteza genei egoiste, așa cum ne arată citatul de la începutul capitolului. Totuși, el susține că este „o consecință logică a neodarwinismului ortodox". Cred că poate fi descris cel mai bine drept

ultradarwinism Orice ipoteză care folosește ideea de evoluție prin selecție naturală a unor lucruri care nu sunt organisme și în cadrul căreia efectele cumulative produse de-a lungul mai multor generații de micile variații aleatorii ale caracteristicilor acelor lucruri (sau ale caracteristicilor cauzate de acele lucruri) le fac să fie din ce în ce mai bine adaptate pentru a concura în vederea supraviețuirii și reproducerii în propriul mediu înconjurător.

O singură genă egoistă „încearcă să devină mai numeroasă în fondul genetic“[17]. Acest egoism al genei „va da naștere, cel mai adesea, egoismului în comportamentul individual. Cu toate acestea, [...] există împrejurări speciale, în care o genă își poate atinge cel mai bine scopurile sale egoiste adoptând o formă limitată de altruism, la nivelul animalelor privite ca organisme individuale. «Speciale» și «limitată» sunt cuvinte importante în fraza anterioară“[18].

Aceste excepții speciale și limitate sunt altruismul bazat pe înrudire și „altruismul reciproc“, discutate mai sus, în care genele își pot atinge obiectivul egoist prin favorizarea supraviețuirii și reproducerii genelor identice din alte corpuri.

În plus, „nu toate efectele fenotipice ale unei gene se opresc la limita corpului individual în care se află ea. În principiu cu siguranță, dar și în fapt, gena trece dincolo de zidul corpului individual și manipulează obiecte din lumea exterioară, unele dintre acestea fiind lucruri neînsuflețite, unele fiind alte ființe vii și, în sfârșit, unele aflându-se la mare depărtare [...]. Lunga rază de acțiune a genei nu are hotare vizibile“[19].

De exemplu, deși „nu e întru totul limpede care-i scopul darwinist [al stăvilarului făcut de un castor], cu siguranță *trebuie* să existe unul de vreme ce castorii cheltuiesc atât timp și energie pentru construirea lui [...] un lac de castori [...] este un fenotip, nu mai puțin decât dinții și coada de castor, și a evoluat sub influența selecției darwiniste. Aici selecția *trebuie* să se fi făcut între lacuri bune și lacuri rele. [...] Lacurile de castor sunt efecte fenotipice extinse ale genelor de castor [sublinierile îmi aparțin].“[20] Trebuie să recunosc că nu îmi este pe deplin limpede de ce aceste lucruri *trebuie* să fie astfel; afirmațiile fără susținere nu sunt nici științifice și nici logice.

Folosesc mai multe citate decât de obicei deoarece Dawkins se plânge adesea că scepticii nu deschid niciodată *Gena egoistă*. Iar dacă cineva m-ar acuza că citez ideile din ediția publicată în 1976 (actualizate în cea din 1986, pe care o și folosesc), în 2006 Dawkins declara că „există puține lucruri pe care m-aș grăbi să le elimin acum sau pentru care să mă scuz“[21].

În ciuda acestei declarații, ipoteza genei egoiste nu este lipsită de unele probleme teoretice și empirice.

Genele egoiste sunt segmente de ADN care codifică proteine. Dawkins nu consideră că restul de 98% din ADN-ul genomului uman este deșeu, ci spune: „Calea cea mai simplă de a explica surplusul de ADN este aceea de a presupune că acesta este un parazit sau cel în cel mai bun caz un inofensiv, dar inutil pasager ce face autostopul în mașinile de supraviețuire create de alte molecule de ADN“[22]. Deși o fi cea mai simplă, această explicație este greșită. Cea mai mare parte a acestui ADN este implicată în rețele care reglează genele, iar acest proces determină fenotipul unui organism la fel de mult precum genele.[i]

Dawkins spune totuși că „dacă ne îngăduim licența de a vorbi despre gene ca și cum ele ar urmări niște scopuri conștiente, asigurându-ne mereu însă că putem retraduce, dacă dorim, limbajul nostru aproximativ în termeni respectabili“[23]. Dar el nu își retraduce niciodată limbajul aproximativ în termeni respectabili și nu explică nici ce metaforă reflectă gena egoistă, dacă într-adevăr e vorba de o metaforă, și nici ce anume determină genele să se comporte ca și cum ar fi egoiste. De fapt, susține că „unitatea fundamentală, primul motor al vieții, este replicatorul [...] corpul individual [...] nu trebuia neapărat să existe“[24]. Filozoful Peter Koslowski concide că Dawkins „atribuie genelor aspirație, intenționalitate și conștiință. În felul acesta, cade într-un animism genetic, ce presupune că genele sunt capabile să perceapă și să decidă“[25].

Gould face o critică asemănătoare: „Identificarea greșită a replicatorilor drept agenți cauzali ai selecției – fundamentul abordării centrate pe gene – se sprijină pe o eroare logică cel mai bine caracterizată ca o confuzie între contabilitate și cauzalitate.“[26]

Lăsând la o parte erorile conceptuale ale faptului de a atribui intenții segmentelor unui acid (ADN, acid dezoxiribonucleic), testarea științifică a ipotezei genei egoiste constă în fundamentarea ei pe dovezi.

Folosind limbajul lui Dawkins, genele cancerului sunt cele mai de succes gene egoiste. Ele determină celulele pe care le ocupă să se înmulțească incontrolabil, producând un număr uriaș de cópii. Pot să fie atât de eficiente, încât corpul, mașina lor de supraviețuire, moare. E greu de înțeles cum am avea de-a face în acest caz cu un succes real.

La un moment dat, în capitolul 3 al *Genei egoiste*, Dawkins recunoaște că, în dezvoltarea embrionară, genele „colaborează și interacționează în modalități complexe și inextricabile, atât unele cu celelalte, cât și cu mediul lor extern“[27]. Și totuși, în restul cărții se reîntoarce la teza sa că „gena este unitatea de bază a egoismului“[28], iar exemplele menționate presupun că fiecare genă codifică o trăsătură. Totuși, cele mai multe trăsături apar din

[i]) Vezi paginile 376–377.

cooperarea unui număr mare de gene.[i] Această dovadă empirică a colaborării genelor (nu una de tipul unor excepții speciale și limitate) contrazice axioma competiției dintre gene presupusă de ipoteză.

Înainte de a deveni un popularizator al științei, Dawkins a fost etolog (teza sa de doctorat, condusă de Niko Tinbergen, se numea „Selective Pecking in the Domestic Chick" [„Ciugulitul selectiv la puiul de găină"]), astfel încât s-ar putea considera că se află pe un teren mai sigur atunci când caută date empirice despre comportament. El spune că „Dacă *C* este fratele meu geamăn identic [și deci are același genom cu al meu], atunci i-aș acorda de două ori mai multă grijă decât oricăruia dintre copiii mei; [care au jumătate din genele mele]; efectiv, nu aș prețui viața lui mai puțin decât pe a mea"[29]. Această predicție a teoriei genei egoiste este contrazisă de dovezile referitoare la comportament. Dawkins încearcă să rezolve contradicția spunând că este posibil ca animalele să nu fie sigure de legăturile lor de rudenie. Cum se aplică această explicație la comportamentul uman?

Dawkins folosește argumentul lui Trivers: din cauză că masculul produce un număr mare de spermatozoizi de dimensiuni mici, în timp ce femela produce un număr mic de ovule relativ mari, masculul e înclinat să lase sarcina creșterii puilor în seama femelei, astfel încât să poată pleca în căutarea altor oportunități de a produce cât mai multe cópii ale genelor sale prin împerecherea cu cât mai multe femele. „După cum vom vedea, această stare de lucruri este realizată de către masculii unui număr de specii, dar la alte specii masculii sunt obligați să împartă în mod egal cu femelele povara creșterii copiilor."[30] În sensul în care unele dovezi susțin afirmațiile cu privire la masculi, în timp ce altele le contrazic. În realitate, în afara speciilor monogame, în cazul unor specii de pasăre, cum este cazul notătiței (o mică pasăre de apă), femelele lasă masculul să clocească ouăle și să îngrijească puii.

Dawkins admite că la speciile care trăiesc în turme sau cete o femelă neînrudită poate adopta un pui orfan: „În majoritatea cazurilor ar trebui să privim adopția ca pe un rateu al unei reguli constitutive. Aceasta deoarece, având grijă de orfan, femela generoasă nu face genelor sale nici un bine. [...] E de *presupus* că o astfel de eroare se ivește prea rar pentru ca selecția naturală să se fi «deranjat» ca să modifice regula, făcând instinctul matern ceva mai selectiv [sublinierea îmi aparține]"[31]. Pare să fie mai curând o nechibzuință din partea selecției naturale, orice ar fi aceasta.

Alte dovezi recunoscute de Dawkins într-un documentar realizat de el în 2009 pentru Channel 4 contrazic de asemenea ipoteza genei egoiste, dar în loc să schimbe ipoteza pentru a explica astfel de contradicții, Dawkins

[i]) Vezi pagina 383.

le atribuie unor „rateuri“ ale genelor fără să explice ce anume poate produce astfel de rateuri.[32]

Gena genială

Biologul evoluționist Joan Roughgarden, de la Universitatea Stanford, a folosit la rândul său teoria jocurilor, dar de data asta pentru a contesta afirmațiile lui Trivers în legătură cu grija parentală și ipoteza genei egoiste. Ea a recurs la un joc economic diferit, ale cărui reguli le permit jucătorilor să comunice, să negocieze și plătească compensații. În 2009, a publicat *The Genial Gene: Deconstructing Darwinian Selfishness* [„Gena genială: demontarea egoismului darwinist“], în care conchide că numai printr-un grad ridicat de cooperare părinții își pot crește cu succes urmașii, crescându-și astfel valoarea selectivă.[33]

E tentant să consideri că rezultatul modelului lui Roughgarden ilustrează a treia lege newtoniană a biologiei: Pentru fiecare model matematic al biologiei există un model egal și opus.

Selecția pe mai multe niveluri

În 2010, Edward O. Wilson a avut perspicacitatea și curajul să spună că a greșit și că sociobiologia mersese pe un drum greșit în anii ’60. El și Davin Sloan Wilson (nici o legătură de rudenie) au ajuns în mod independent la ideea selecției pe mai multe niveluri. Această ipoteză susține că selecția naturală nu acționează la un singur nivel privilegiat, fie că e vorba de genă, de celulă, de organism, de grup sau de ecosistem. În lumea complexă a biologiei, un nivel poate să fie mai important decât altul, dar un astfel de nivel se schimbă pentru fiecare specie odată cu trecerea timpului și cu schimbarea mediului. În plus, tranzițiile evolutive importante se produc atunci când se petrece o modificare a nivelului de selecție: de exemplu, atunci când celulele individuale eucariote colaborează pentru a forma organisme pluricelulare. Același lucru s-a întâmplat și în cazul insectelor eusociale, când selecția naturală a trecut de la nivelul individual la cel al societăților bazate pe cooperare și alcătuite dintr-un cap (regina) și din grupuri de insecte specializate; societatea insectelor se comportă precum un organism individual pluricelular.

Neodarwiniștii și ultradarwiniștii au atacat această ipoteză – Richard Dawkins cu o asprime deosebită[34] – care oferă o explicație a evoluției biologice concordantă cu ipoteza ajutorului reciproc și cu cea a simbiogenezei prezentate în secțiunea următoare.

Modelele matematice ale sociobiologilor, care amplifică principiile neodarwiniste, constituie explicația tradițională actuală a acelor comportamente sociale ce contrazic paradigma competiției. Aceste modele pot fi o unealtă puternică pentru a indica legi naturale mai profunde atunci când

sunt folosite pentru a trasa tipare ale comportamentelor efective, iar ecuațiile matematice pot exprima într-un mod elegant legi naturale dovedite și pot prezice comportamentul viitor al unui sistem atunci când parametrii acelui sistem sunt cunoscuți. Însă biologia nu va avea de câștigat dacă se vor folosi în continuare ecuații sau teorii ale jocurilor din anii '50, care nu au legătură cu realitatea biologică, pot fi proiectate în așa fel încât să producă orice rezultat, nu au valoare predictivă și sunt contrazise de observarea comportamentelor animalelor aflate în libertate și ale oamenilor.

COLABORAREA

În opinia lui Stuart West, colaborarea reprezintă una dintre cele mai mari provocări pentru științele biologice și cele sociale, însă aceasta este o problemă autoimpusă, generată de adoptarea modelului neodarwinist, care se bazează pe competiție. Următoarele două ipoteze rezolvă această problemă prin simpla recunoaștere a faptului că evoluția biologică este în mai mare măsură determinată de colaborare decât de competiție.

Ajutorul reciproc

Într-un document intitulat „The Evolution of Society", rezultat în urma unei conferințe de două zile desfășurată sub patronajul Societății Regale în 2009, patru specialiști de frunte din domeniul biologiei au citat pasaje din Darwin în care acesta afirmă că multe animale trăiesc în grupuri și cooperează.[35] Capitolul 16 al cărții de față arată că Darwin face aceste observații într-un capitol din *Descendența omului*, în care spune că acele „comunități care includ cel mai mare număr de membri cu simpatie reciprocă vor propăși cel mai bine și vor avea cel mai mare număr de descendenți". Dar tot în capitolul 16 se arată și că cea mai mare parte a cărților lui Darwin contrazic această perspectivă și pledează în favoarea ideii că întreaga natură se află în stare de război, cele mai dure lupte competitive petrecându-se între membrii aceleiași specii sau ai unor specii asemănătoare. Acesta este fundamentul ipotezelor darwiniste și neodarwiniste.

Articolul introductiv din „The Evolution of Society" susține că Darwin „a anticipat de obicei dezvoltări teoretice [cu privire la evoluția societăților animale și umane] care s-au concretizat abia după o sută de ani" și că nu a apărut vreun studiu comparabil până la începutul anilor '60. Piotr Kropotkin nu e pomenit nicăieri.

Așa cum am văzut în capitolul 16, cartea lui Kropotkin *Mutual Aid: A Factor of Evolution* (publicată pentru prima oară în Anglia în 1902 și cu o ediție definitivă în 1914) oferă numeroase dovezi obținute de la diferite specii animale ce susțin ipoteza că animalele care sunt selectate natural – cele care supraviețuiesc cel mai mult și se reproduc cel mai mult – adoptă strategii

de *evitare* a competiției: ele colaborează pentru a-și asigura subzistența, pentru a se proteja de prădători, pentru a migra temporar sau permanent în alte habitate mai favorabile și pentru a-și crește și uneori a-și antrena puii.[i] Kropotkin conchide: „Cele mai adaptate animale sunt astfel și cele mai sociabile, iar sociabilitatea pare să fie principalul factor al evoluției, atât în mod direct, prin asigurarea bunăstării speciei și diminuarea pierderilor de energie, cât și indirect, prin favorizarea creșterii inteligenței.“[36]

În capitolul 19, după examinarea dovezilor actuale cu privire la comportamentul speciilor, am ajuns la concluzia că acestea încă susțin ipoteza lui Kropotkin:

> În cadrul fiecărei clase, creșterea învățării sociale se corelează cu creșterea complexității creierului, însoțită la rândul său de o inteligență crescută ce se măsoară prin inventarea mai multor soluții noi pentru diverse probleme.[ii]

Și că în general

> Colaborarea joacă un rol mai important decât competiția în supraviețuire și propagarea vieții, mergând de la gene, organisme unicelulare, organitele din celulele eucariote, celulele eucariote din organismele pluricelulare până la comportamentul plantelor și animalelor, de la insecte la primate.[iii]

Simbiogeneza

Capitolul 16 subliniază ipoteza simbiogenezei concepută de Konstantin Merejkovski, Ivan Wallin și alții la începutul secolului XX prin adoptarea unor idei despre simbioză formulate în deceniile anterioare.[iv] În esență, acest proces evoluționist începe cu simbioza.

> **simbioză** Asocierea fizică a două sau mai multe tipuri de organisme pe parcursul celei mai mari părți a vieții unuia dintre ele.

În unele cazuri, interacțiunile lor metabolice duc la endosimbioză.

> **endosimbioză** Asociere în care un organism mai mic trăiește în interiorul unui organism mai mare, de obicei în condiții de colaborare, fiecare organism hrănindu-se cu excrețiile metabolice ale celuilalt, fapt care poate duce la simbiogeneză.

---

[i]) Vezi paginile 320–324.
[ii]) Vezi pagina 390.
[iii]) Vezi pagina 389.
[iv]) Vezi paginile 324–325.

simbiogeneză Unirea a două sau mai multe tipuri de organisme pentru a forma un nou tip de organism.

După aproape 40 de ani, o asistentă adjunctă de la departamentul de biologie al Universității din Boston, Lynn Margulis (pe atunci cunoscută drept Lynn Sagan), a dezvoltat această ipoteză. Articolul său a fost respins de cel puțin 15 reviste de specialitate înainte ca *Journal of Theoretical Biology* să-l publice în 1967. Ea și-a dezvoltat ideile într-o carte publicată în 1970 și intitulată *Origin of Eukaryotic Cells* [„Originea celulelor eucariote"].[37] La fel ca în cazul ipotezelor lui Kropotkin și ale primilor susținători ai simbiogenezei, contribuția lui Margulis a fost respinsă sau ignorată de neodarwiniștii care dominau biologia evoluționistă.

Bazându-se pe studiile făcute pe bacteriile și pe protoctistele actuale (specii de eucariote unicelulare și descendenții lor pluricelulari, lipsiți de țesuturi specializate, cum este varecul gigantic), care trăiesc într-un mediu anaerob (sau lipsit de oxigen), Margulis a ajuns la concluzia că, spre sfârșitul erei arhaice (acum 3,8 până la 2,5 miliarde de ani), când exista foarte puțin oxigen liber în oceane și în atmosferă, strămoșii bacterieni acvatici ai spirocheților actuali s-au atașat de arheobacterii (numite în general arhee), ce trăiau într-un mediu bogat în sulf, pentru a forma o asociere simbiotică în care fiecare se hrănea cu produsul excreției metabolice ale celuilalt. Unii spirocheți arhaici au străpuns membrana arheobacteriilor în căutarea unor mijloace de subzistență. Parazitismul acestor strămoși ai spirocheților a provocat probabil moartea multor arheobacterii, dar în alte cazuri asocierea s-a transformat într-o endosimbioză și, după milioane de ani, în simbiogeneză, în care ADN-ul celor două organisme a fuzionat.

În era proterozoică (acum 2,5 miliarde până la 540 de milioane de ani), această fuziune a generat câteva consecințe evolutive: creșterea unei membrane în jurul genomului combinat pentru a forma un nucleu celular, apariția organitelor pentru motilitate celulară (mișcare independentă), precum cilii și flagelii; apariția mitozei, prin care cromozomul nuclear este copiat, iar nucleul și celula se divid pentru a produce două noi celule identice din punct de vedere genetic cu celula inițială. În unele celule, cromozomii s-au reprodus o singură dată, dar nucleul și citoplasma s-au divizat de două ori, formând patru celule sexuale – ovule sau spermatozoizi –, fiecare dintre ele conținând câte jumătate din numărul de cromozomi ai celulei inițiale și facilitând astfel reproducerea sexuată în care o celulă sexuală se unește cu o celulă sexuală complementară a altui organism pentru a crea un individ nou ce posedă gene de la ambii părinți.

Aceste noi organisme nucleate de dimensiuni mai mari erau protoctiste anaerobe, aflate la originea tuturor eucariotelor. În aceeași eră proterozoică

s-au produs o a doua și o a treia fuziune simbiotică, în urma cărora au apărut trei regnuri: animalele, fungii și plantele (vezi figura 23.2).

A doua fuziune s-a petrecut între protoctistele nucleate anaerobe și bacteriile care au devenit aerobe. În acest caz, au rezultat protoctiste aerobe în care bacteriile, anterior independente, au devenit mitocondrii. Incapacitatea de a se separa a unora dintre aceste celule capabile de reproducere a condus la formarea mai multor tipuri de eucariote pluricelulare. Unele au

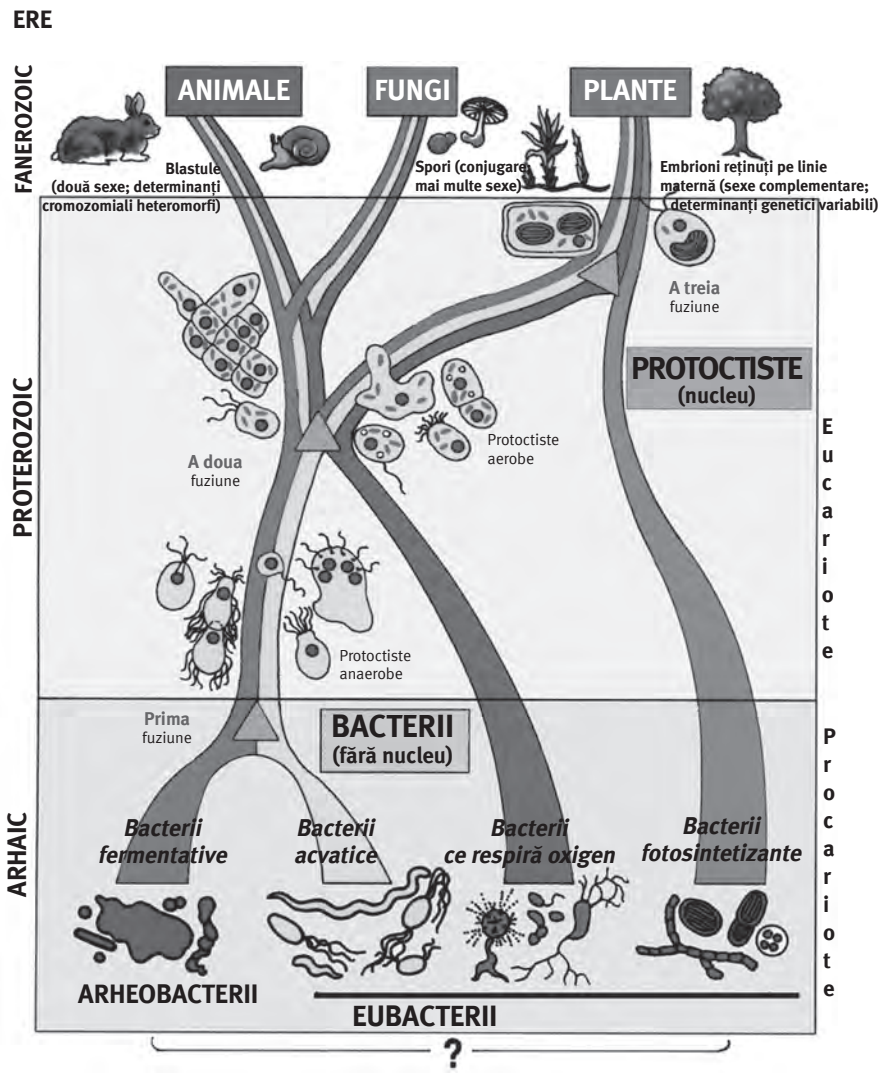


Figura 23.2 Serie de simbiogeneze aflate la baza celor trei regnuri taxonomice ale lumii vii.

pierdut abilitatea de a se deplasa independent, formând rădăcina regnului fungilor. Altele și-au păstrat motilitatea și au format rădăcina regnului animal. Unirea unei celule sexuale (spermatozoidul) capabilă de mișcare cu o celulă care și-a păstrat capacitatea de diviziune, dar nu și motilitatea (ovulul) a condus la apariția reproducerii sexuate dintre doi indivizi.

A treia fuziune a avut loc atunci când protoctistele aerobe au ingerat bacterii fotosintetizatoare, care ulterior și-au pierdut capacitatea de existență independentă și au devenit cloroplaste. Această fuziune a dus la formarea unui nou tip de eucariote, care puteau folosi lumina solară ca sursă de energie, protoctistele algale verzi. Dintre acestea, unele și-au pierdut capacitatea de mișcare independentă și au format rădăcina regnului vegetal.[38]

Analizele genetice realizate în anii '70 și '80 au demonstrat că genele cloroplastelor unor specii de alge se deosebesc de genele nucleelor algelor, însă seamănă cu genele cianobacteriilor fotosintetizante, în timp ce alte dovezi genetice sugerează că mitocondriile derivă din alfa-proteobacterii asemănătoare bacteriilor actuale cunoscute sub numele de rickettsia. Aceste date susțin originea simbiogenetică a cloroplastelor și mitocondriilor prezente în celulele eucariote.

Deși majoritatea biologilor evoluționiști acceptă acum că simbiogeneza oferă cea mai plauzibilă explicație a originii cloroplastelor și mitocondriilor prezente în celulele eucariote, ei nu acceptă ipoteza lui Margulis referitoare la originea celulelor eucariote și la evoluția regnurilor lumii vii.

Margulis răspunde susținând că, în afara modelelor matematice, nu s-a demonstrat niciodată că acumularea graduală de tip neodarwinist a mutațiilor genetice aleatorii ar produce un nou organ sau o nouă specie, în timp ce simbioza, endosimbioza și simbiogeneza sunt larg răspândite în natură. Unele specii de furnici trăiesc în relații simbiotice cu afidele: ele mănâncă substanța dulce excretată de afide în urma consumării sevei din plante și în schimb protejează afidele de prădători și le transferă de pe plante ofilite pe plante sănătoase. Endosimbioza este la ordinea zilei: de exemplu, corpul uman este alcătuit din aproximativ 10 trilioane de celule, însă găzduiește aproape de trei ori mai multe bacterii în intestinele sale; unele specii dintre aceste bacterii îndeplinesc funcții utile, cum ar fi sintetizarea vitaminelor B și K. Un exemplu cunoscut de simbiogeneză este oferit de cele 15.000 de specii de licheni. Deși seamănă cu niște plante, nu au strămoși din regnul vegetal; sunt formați printr-o simbiogeneză între membri a două regnuri separate: fungi și bacterii fotosintetizante (cianobacterii) sau protoctiste (alge).

În opinia lui Margulis, deși nu este singura cauză a inovațiilor evolutive, simbiogeneza poate să reprezinte un factor foarte important. Când două sau mai multe tipuri diferite de organisme își fuzionează identitățile, procesul

respectiv generează comportamente și morfologii noi: țesuturi noi, organe sau căi metabolice noi și noi grupuri de organisme, inclusiv specii noi.

Margulis a reușit cu greu să-și publice lucrările în revistele științifice cunoscute deoarece, așa cum explica în 2011, biologia evoluționistă a fost preluată de specialiști în genetica populațiilor, de zoologi experimentaliști și de specialiști în biologie moleculară anglo-americani care țin de școala neodarwinistă și care „blochează patru cincimi din informațiile biologice [ignorând bacteriile, protoctistele, fungii și plantele] și toate informațiile provenite din geologie". Ei „nu cunosc nimic despre sisteme biologice precum fiziologia, ecologia sau biochimia [...]. Sunt reducționiști *ad absurdum*."[39]

Jerry Coyne, neodarwinist de frunte, a răspuns rapid pe pagina sa web la aceste comentarii printr-un articol intitulat „Lynn Margulis disses evolution in *Discover* magazine, embarrasses both herself and the field" [„Lynn Margulis insultă evoluția în revista *Discover*, punând atât persoana sa, cât și domeniul într-o situație stânjenitoare"]. După ce a recunoscut contribuția ei la explicarea originii mitocondriilor și cloroplastelor, Coyne subliniază că Margulis este de acord cu creaționiștii în legătură cu ineficiența paradigmei neodarwiniste, comentând că „cel puțin ea nu este atât de nebună încât să-l accepte pe Dumnezeu drept explicație științifică. Dar *este* suficient de nebună încât să-și profereze propria teorie «alternativă», adică simbioza [sublinierea îi aparține]." Coyne repetă fundamentele modelului neodarwinist și conchide că „atunci când discută despre biologia evoluționistă Margulis dă dovadă de dogmatism, ignoranță voită și lipsă de onestitate intelectuală"[40].

Titlul ales de Coyne pentru acest răspuns este grăitor. Margulis a fost o evoluționistă dedicată; lipsa sa de respect nu era îndreptată împotriva evoluției, ci a modelului neodarwinist al evoluției biologice. Echivalând evoluția cu neodarwinismul, Coyne dezvăluie o parte a problemelor biologiei evoluționiste contemporane, unde punerea în discuție a ortodoxiei actuale declanșează adesea reacții disprețuitoare care încalcă cumva etosul științific.

Consensul actual în biologia evoluționistă este că viața s-a divizat mai întâi în bacterii și arhee și apoi în eucariote, care au evoluat din arhee sau din strămoși asemănători arheelor. Ulterior, eucariotele au dobândit gene de la bacterii în două rânduri: mitocondrii de la alfa-proteobacterii și cloroplaste de la bacterii fotosintetizante, așa cum susținea Margulis, iar cele trei domenii (*Bacteria*, *Archaea* și *Eukaryota*) s-au ramificat într-un arbore filogenetic darwinian determinat în special de transmiterea sexuală și de acumularea de mutații genetice aleatorii din cadrul populațiilor diferitelor specii.

Conform acestei ipoteze, arheele nu ar trebui să conțină gene bacteriene, iar singurele gene bacteriene prezente în eucariote ar trebui să fie cele din ADN-ul mitocondriilor sau cloroplastelor sau cele transferate în nucleu

din precursorii bacterieni ai acestor organite, eucariote care ar trebui să fie implicate în respirație sau în fotosinteză. Totuși, secvențierea recentă a unor genomuri complete contrazice această ipoteză prin dezvăluirea unei multitudini de transferuri orizontale de gene diferite. Multe arhee conțin un rezervor substanțial de gene bacteriene. Genele nucleare de la eucariote codifică procese nerespiratorii și nefotosintetizante care sunt esențiale pentru supraviețuirea celulelor. În plus, multe gene eucariote sunt diferite de cele ale oricărei bacterii sau arhee cunoscute: de exemplu, genele implicate în două caracteristici definitorii ale eucariotelor, citoscheletul și sistemul membranelor interne.[41]

Aceste dovezi genomice ne arată că, în primele două miliarde de ani de evoluție biologică pe Pământ, fuziunea genomurilor și transferurile orizontale de gene rezultate în urma colaborării și simbiogenezei dintre diferite specii au jucat un rol cu mult mai important în evoluția biologică decât moștenirea verticală neodarwinistă a mutațiilor genetice aleatorii.

În următorii 1,5 miliarde de ani, transferul orizontal de gene a rămas probabil cel mai important mecanism de transmitere genetică și de speciație la procariote. În cadrul regnului animal, ipoteza ajutorului reciproc – colaborarea din interiorul speciei și între membrii unor specii diferite (simbioză) – oferă o explicație mult mai plauzibilă decât competiția neodarwinistă pentru tiparele evolutive ale speciilor din fiecare clasă care au supraviețuit și s-au reprodus cu succes și au dat dovadă de abilități cognitive sporite prin învățare socială.

Concluziile mele de la sfârșitul părții a doua vor include concluziile cuprinse în capitolele 21–23 și în capitolul următor.

CAPITOLUL 24

Evoluția conștiinței

> Conștiința este un mister atât de adânc pentru specia noastră, încât nici nu putem să-i bănuim existența la alte specii.
>
> —Lewis Thomas, 1984

Oamenii sunt mai mult decât niște simple caractere fenotipice rezumate în categoria taxonomică *Homo sapiens*. Suntem ființe conștiente. Filozofii, psihologii, antropologii și specialiștii în neuroștiințe au păreri diferite despre natura conștiinței umane. Mulți o studiază ca pe un lucru în sine, iar eu voi discuta în detaliu conștiința umană în partea a treia. Sugerez totuși că, asemenea fenotipului uman, conștiința a evoluat pornind de la primele forme de viață de pe Pământ. Prin urmare, o vom putea înțelege mai bine (cel puțin la nivelul corelațiilor sale fizice) dacă vom reuși să-i reconstituim evoluția de-a lungul descendenței umane.

În acest scop, voi folosi o definiție largă a conștiinței, care se aplică în cazul oricărei forme de viață, oricât de incipientă sau rudimentară ar fi ea, și care o distinge de materia neînsufletită.

conștiință Percepere a mediului înconjurător, a celorlalte organisme și a propriului sine ce poate duce la acțiune.

Conștiința astfel definită poate fi identificată în funcție de acțiunile ce rezultă din ea, adică în funcție de comportamentul unui organism, motiv pentru care trebuie să reconstituim evoluția comportamentului organismelor de-a lungul descendenței umane.

EVOLUȚIA COMPORTAMENTULUI

Deoarece fosilele nu ne oferă în general informații despre comportament, de cele mai multe ori suntem nevoiți să examinăm speciile vii care seamănă cel mai mult cu formele fosile datate conform estimării primei lor apariții în categoriile taxonomice ce se desfășoară de la domeniile *Bacteria* și *Archaea* până la specia *Homo sapiens*, după cum se poate observa în tabelul 20.1.

Bacteriile și arheele

Speciile care seamănă cel mai mult cu primele forme de viață de pe Pământ sunt procariotele: bacteriile și arheele. Aceste organisme extrem de simple acționează prin răspuns direct la stimuli externi și interni pentru a supraviețui.

Printre stimulii externi se numără căldura, lumina, substanțele chimice din mediul înconjurător și prezența altor organisme; acestea pot reprezenta surse de supraviețuire sau de pericol. Bacteriile și arheele răspund prin apropierea de substanțe chimice și alte organisme pe care le pot folosi pentru propria întreținere sau prin îndepărtarea de cele care le pot vătăma. Am văzut în capitolul 19 un exemplu de bacterii care răspund la prezența altor bacterii prin eliberarea unor molecule semnalizatoare în jurul lor și care au receptori pentru astfel de molecule. Atunci când receptorii lor înregistrează un număr suficient de astfel de molecule – ce măsoară densitatea populației locale – are loc o reacție coordonată, cum ar fi activarea unor gene ce controlează producerea și excreția de polizaharide pentru biopeliculă sau enzime care digeră prada.[i]

Bacteriile manifestă de asemenea o percepție rudimentară de sine evidențiată prin reacția directă la stimuli interni. Afectarea serioasă a ADN-ului acestora declanșează așa-numita reacție SOS: activarea genelor SOS care altminteri sunt inactive și care astfel pun în mișcare mecanismul de reparare a ADN-ului.

Eucariotele: unicelulare

O eucariotă unicelulară simplă precum a amibei acționează la rândul său prin reacții directe la stimuli externi, formând, de exemplu, extensii temporare ale citoplasmei (cunoscute drept pseudopode sau picioare false) pentru a se apropia de substanțele chimice emanate de hrană sau pentru a se îndepărta de substanțele chimice nocive.

Eucariotele unicelulare mai complexe au un sistem de reacții directe mai complexe, folosind organite sau părți specializate ale celulei ce servesc drept receptori de stimuli, cum sunt cei sensibili la lumină, cunoscuți la flagelate. Printre receptori se numără cilii (apendice multiple asemănătoare părului și capabile de mișcare sincronă) și flagelii (cili alungiți asemănători unui bici) care propulsează celula, împreună cu alte organite care atrag hrană.

Eucariotele: animale

Pe măsură ce viața a evoluat pe Pământ, producând o lume mai complexă cu prădători, competitori și colaboratori mai mulți și mai diferiți, organismele

[i]) Vezi pagina 381.

pluricelulare din regnul animal au dezvoltat un al doilea sistem, ce permite o reacție mult mai rapidă, mai variată și flexibilă la stimulii externi. Comportamentul lor poate fi clasificat în cinci tipuri care se întrepătrund: bazat pe reacții directe, înnăscut, învățat, social și inovator.

a. *Reacția directă*

Reacțiile directe provocate de stimuli și asociate cu autoconservarea constituie cea mai mare parte a comportamentelor animalelor simple, precum nevertebratele, dar sunt prezente în continuare și în repertoriul comportamental al unor animale mai complexe și mai recent apărute, un exemplu cunoscut în cazul nostru fiind retragerea mâinii din foc.

Comportamentul bazat pe reacții directe include acum reflexele, care sunt reacții involuntare la stimuli. O complexitate mai mare a organismelor presupune și o complexitate mai mare a reflexelor, implicând mai multe grupe musculare. De exemplu, la om, reflexul rotulian apare atunci când este lovit ușor tendonul rotulian, ceea ce face ca mușchii de pe partea anterioară a coapsei să se contracte suficient de mult încât să provoace mișcarea bruscă a gambei.

b. *Comportamentul înnăscut*

Reacția directă și comportamentul înnăscut se suprapun și pot fi încadrate în categoria comportamentelor instinctive, care sunt răspunsuri neînvățate la stimuli specifici. Acestea includ în general lucruri precum nevoia de sex, stimulată de imagini sau mirosuri specifice, lupta sau fuga din fața unui atac și așa mai departe.

Cred că e util să facem distincție între reacțiile directe asociate cu autoconservarea și acțiunile moștenite, predictibile și fixe desfășurate de un membru al unei specii în medii diferite (ce furnizează stimuli externi diferiți), acțiuni care nu îi aduc neapărat beneficii – putând fi chiar costisitoare –, dar care contribuie la conservarea speciei.

Unele dintre cele mai surprinzătoare exemple ale unor astfel de comportamente înnăscute se întâlnesc la insecte, descendente ale vechilor artropode. De exemplu, la aproximativ 47 de specii de furnici tăietoare de frunze din America Centrală și America de Sud, membrii castei specializate în căutarea hranei din fiecare colonie colaborează în mod înnăscut la desprinderea unei frunze de pe ramură, tăierea ei în bucăți mici și transportarea acestora în interiorul cuibului prin pădure sau, în cazul unor specii, prin terenuri deșertice. Acolo, fragmentele de frunză sunt mărunțite, terciuite și folosite drept compost pentru grădina de fungi a cuibului.[1] Acest comportament nu este o reacție directă la vreo senzație de foame resimțită de furnici, ci are

rolul de a conserva specia prin fabricarea și depozitarea resurselor destinate satisfacerii nevoilor viitoare ale coloniei.

Încă nu cunoaștem foarte bine mecanismul genetic, sau poate epigenetic, al unor astfel de comportamente ereditare și fixe care nu sunt neapărat avantajoase pentru individ. Am văzut în capitolul precedent că ipotezele sociobiologice nu au reușit să ofere un răspuns convingător. Acest lucru este subliniat și de faptul că multe comportamente înnăscute nu sunt acțiuni de cooperare ale grupului, care e bazat pe legături de rudenie sau de altă natură, ci sunt realizate la nivel individual.

Astfel de comportamente înnăscute individuale sunt larg răspândite la descendenții celor mai timpurii și mai primitive vertebrate, precum peștii din perioada cambriană. După ce petrec între unul și nouă ani în mare, cele mai multe specii actuale de somon migrează spre ape dulci, unde își depun icrele. Pentru a face asta, somonul trebuie să găsească un râu și apoi să înoate împotriva curenților puternici, uneori depășind și cascade, într-o călătorie istovitoare de până la o mie de kilometri și o ascensiune de până la o mie de metri. Este dificil să consideri acest comportament un exemplu de autoconservare a individului; într-adevăr, somonii de Pacific mor la scurtă vreme după împerechere. La fel ca în cazul somonilor, seria complicată de acțiuni întreprinse de ghidrini în cursul curtării și reproducerii nu constituie reacții simple și directe și nici reacții învățate.

Încă nu există un consens cu privire la natura comportamentelor umane înnăscute. Filozoful și lingvistul Noam Chomsky spunea că învățarea rapidă a limbajului de către copii ar fi imposibilă fără o facultate înnăscută a limbajului sau fără reguli înnăscute ale unei gramatici universale, spre deosebire de cazul învățării jocului de șah, de exemplu.[2] Pe de altă parte, psihologul Michael Tomasello respinge acest argument și propune o teorie socio-pragmatică a limbajului. În opinia lui, copiii învață structura lingvistică prin citirea intențiilor și descoperirea tiparelor în cursul interacțiunilor verbale cu ceilalți.[3]

De-a lungul descendenței umane comportamentul devine tot mai complex, aspectele sale învățate, sociale și inovative jucând un rol din ce în ce mai important.

c. *Comportamentele învățate*

Aceste acțiuni modifică reacția directă sau comportamentele înnăscute. Ele pot fi observate sub o formă rudimentară la cele mai simple și primitive animale, precum moluștele, prin procesul deprinderii. Atunci când o reacție repetată la un stimul nu mai produce rezultatele anterioare, animalul încetează să mai reacționeze la stimulul respectiv.

Acțiunea contrară este sensibilizarea: reacția la un stimul produce efecte tot mai intense, astfel încât animalul răspunde chiar dacă stimulul este diminuat.

Având în vedere că evoluția biologică generează specii tot mai complexe din punct de vedere morfologic, imitația începe să joace un rol din ce în ce mai mare în dobândirea comportamentului învățat. În capitolul 19 am dat exemplul unor pești care învață prin imitație; există dovezi că un astfel de comportament este ereditar, ceea ce ne dă de înțeles că până și comportamentul învățat poate deveni înnăscut.

Tot în capitolul 19 am citat un studiu care arată nu numai cum funcționează imitația la suricate, mamifere mici nonprimate, dar și cum adulții îi învață pe tineri tehnici de vânătoare.[i] Imitația este observată și la primatele nonumane, în special puii imită tehnicile de supraviețuire practicate de părinți sau de rudele apropiate.

Cred că trebuie făcută o deosebire între animalele care imită sau chiar sunt instruite de membri ai propriei specii – aspect ce necesită mai multe observații de teren – și animalele care sunt învățate sau antrenate de oameni. Acestea din urmă dau naștere unui mare număr de ipoteze referitoare la comportamentul animal în privința cărora nu există încă un consens. Cercetarea funcției gastrice la câini realizată de Ivan Pavlov la începutul secolului XX l-a condus la concluzia că „reflexul condiționat", asociat cu anumite regiuni ale cortexului cerebral, explică toate comportamentele, inclusiv pe cel uman. Opiniile sale au devenit teorii fundamentale în psihologie și psihiatrie. Însă experimentele sale ne spun doar că animalele pot fi antrenate să aibă aceeași reacție atunci când stimulul inițial este înlocuit cu un altul; aceste rezultate nu ne oferă foarte multe informații despre evoluția comportamentului în natură.

Experimentele psihologului B.F. Skinner pe șobolani și porumbei au căutat să explice învățarea unor noi comportamente. Ipoteza sa referitoare la condiționarea operantă susține că un animal răspunde la mediul înconjurător printr-o serie de acțiuni variate și aleatorii. Una dintre acestea (de exemplu, apăsarea unei pedale din cutia de testare) duce eventual la obținerea unei recompense (hrană sub formă de pelete). Prin astfel de întăriri pozitive, animalul învață să repete acele acțiuni în viitor. Skinner susținea că este vorba despre o selecție naturală darwiniană a comportamentelor desfășurată de-a lungul vieții unui individ comparabilă cu selecția naturală darwiniană a trăsăturilor

[i]) Vezi pagina 387.

fizice desfășurată de-a lungul mai multor generații, considerând că e valabilă și în cazul comportamentului uman. El respingea fenomene neobservabile precum mintea sau intenția. Ipoteza sa a fost extrem de influentă în secolul XX. Totuși, o analogie mai adecvată ar fi aceea cu selecția artificială. Experimentatorul uman este cel care creează experimentul și oferă recompensa. Ipoteza sa nu cuprinde decât exemple de animale care învață prin antrenarea sensibilității și deprinderilor, iar afirmația lui Skinner că ar explica comportamentul uman este lipsită de orice fundament empiric.

Deși deprinderea și sensibilizarea la nivel individual pot avea o anumită contribuție la învățarea umană (dacă pui mâna în foc și te arzi înveți să nu mai faci așa ceva), imitația și educația joacă un rol cu mult mai însemnat. Voi discuta despre aceste aspecte în partea a treia.

d. *Comportamentele sociale*

Această categorie acțiuni precum reacția directă, comportamentul înnăscut și cel învățat, dar se extinse dincolo de supraviețuirea individuală și de imitarea abilităților de supraviețuire ale părinților. Include toate formele de interacțiune ce se petrec între indivizii aceluiași grup.

După cum am văzut în capitolul 19, animalele formează comunități ce depășesc nivelul legăturilor dintre părinți și copii pentru a colabora în vederea supraviețuirii – apărarea împotriva intemperiilor (adăpost și construirea cuibului), apărarea împotriva prădătorilor sau competitorilor și vânătoarea – și în vederea creșterii puilor. O astfel de viață socială oferă și oportunități de împerechere. Grupurile sociale animale se bazează în special, dar nu în exclusivitate, pe legături de rudenie. Multe dintre aceste grupuri colaborează pentru a forma grupuri temporare mai mari menite să asigure supraviețuirea, așa cum se întâmplă în perioada migrațiilor sezoniere sau permanente către un mediu mai adecvat supraviețuirii.

Interacțiunea dintre membrii unui grup social format din animale sunt de ordin senzorial: simț tactil, miros, gust, văz și auz.

Pe măsură ce complexitatea morfologică a speciilor crește la scara timpului evolutiv și de-a lungul descendenței umane, aceste interacțiuni senzoriale se schimbă. În special, mirosul, gustul și simțul tactil, utilizabile doar în apropiere, își pierd treptat din importanță. Odată cu creșterea complexității vocalizării la primate în vederea comunicării unei mari varietăți de mesaje (precum amenințare, plăcere, strigăte de avertizare etc.), începe să se dezvolte și auzul, prin evoluția urechii interne, care permite captarea unor tipare complexe de frecvență și de sincronizare a informației. Vederea a crescut în complexitate odată

cu dezvoltarea vederii stereoscopice, ca urmare a deplasării treptate a ochilor în zona frontală, ceea ce duce la o mai bună percepere a spațiului. Aceste dezvoltări au permis membrilor grupului să interacționeze în moduri mai complexe și pe distanțe mai mari.

Interacțiunile sociale pot crește șansele de supraviețuire în mod direct sau indirect. Joaca anumitor mamifere precum castorii și toaletarea reciprocă a unor primate precum cimpanzeii servesc la întărirea coeziunii grupului lor social și astfel sporesc în mod indirect șansele de supraviețuire.

e. *Comportamentele inovatoare*
Aceste acțiuni se deosebesc de obișnuitele reacții directe, înnăscute sau învățate ale speciei și apar de obicei ca răspuns la circumstanțe noi și provocatoare. Gradul de inovație poate fi folosit ca o măsură a inteligenței, uneori numită abilitate cognitivă.

inteligență Capacitatea de a dobândi și de a aplica cu succes informații cu un anumit scop, mai ales în situații noi sau provocatoare.

Până la apariția primatelor, descendența umană manifestă un grad scăzut de inovație. (Am în vedere aici numai filiația care merge până la om, nu și la celelalte specii care manifestă inteligență, precum familia corvidelor sau cea a mamiferelor marine, precum delfinii.) Din nou, cred că e util să deosebim între primatele de genul cimpanzeilor supuși unor „teste de inteligență“ proiectate de om și primatele care au un comportament inovator în natură. Cel de-al doilea caz permite o măsurare mai precisă a evoluției acestui tip de comportament. Este însă mai greu să se confirme rezultate fără echivoc pornind de la studiile care folosesc diferite criterii, metodologii și ipoteze.

În 2002, biologii specializați în studiul comportamentului Simon Reader și Kevin Laland au investigat principalele lucrări referitoare la primate și au găsit 533 de cazuri de inovație (definite ca soluții aparent inovatoare la probleme din mediul înconjurător sau sociale), 445 de exemple de învățare socială (achiziția unor informații de la ceilalți) și 607 episoade de folosire a uneltelor. După ce au luat în calcul factori precum diferențele ce țin de efortul necesar pentru studierea diverselor specii, cei doi cercetători au ajuns la concluzia că inovația, învățarea socială și folosirea uneltelor sunt corelate cu volumul relativ și cel absolut al creierului executiv. Creierul executiv este în principal neocortexul.[4] Voi discuta această corelație mai târziu.

Tiparul evolutiv

Creșterea complexității morfologiei speciilor de-a lungul descendenței umane presupune și complexificarea comportamentului acestora. Cu toate că reacți-

ile directe și comportamentele înnăscute se mențin, comportamentele învățate, sociale și inovatoare joacă un rol din ce în ce mai însemnat. Creșterea varietății și flexibilității acestora marchează dezvoltarea conștiinței.

CORELAȚIILE FIZICE ALE DEZVOLTĂRII CONȘTIINȚEI

Existența unei conștiințe rudimentare la procariote și la eucariotele unicelulare poate fi observată prin acțiunile pe care acestea le întreprind pentru a supraviețui ca reacție la stimuli externi și interni. Astfel de acțiuni simple sunt realizate de un sistem fizicochimic de reacție directă.

Sistemul nervos

Evoluția animalelor pluricelulare a dus la dezvoltarea unui al doilea sistem, ce permite reacții mai rapide și mai variate la stimulii externi. Este vorba despre sistemul nervos electrochimic, care folosește celule specializate excitabile electric (neuroni) ce permit transmiterea într-o singură direcție și cu mare viteză a impulsurilor electrice de la o regiune la alta a corpului animalului. Sistemul nervos coordonează de asemenea reacțiile fizicochimice mai lente, dar mai de durată, la stimulii interni.

sistem nervos Grup organizat de celule, numite neuroni, specializate în transmiterea electrochimică a stimulilor printr-o rețea nervoasă de la un receptor senzorial la un efector, la nivelul căruia se produce o reacție.

neuron Celulă eucariotă capabilă să reacționeze la stimulare și să transmită impulsurile electrochimice.

Deși există o varietate de dimensiuni și de forme ale neuronilor, figura 24.1 prezintă structura de bază a celor mai mulți neuroni. Dendritele sunt prelungiri ramificate din peretele celular care primesc impulsurile electrochimice și le conduc spre corpul celular. Corpul celular conține nucleul și citoplasma înconjurătoare. Axonul este o prelungire relativ lungă din peretele celular care transmite impulsuri electrice de la corpul celular la terminațiile ce se ramifică la capătul axonului. Dendritele și axonii sunt numite de obicei fibre nervoase.

La animalele mai mari și mai complexe, precum vertebratele, axonul poate fi foarte lung și protejat de o teacă de mielină, formată dintr-o serie de celule gliale numite celule Schwann. În spațiile goale care există între celulele Schwann, numite noduri Ranvier, axonul nu este izolat, ceea ce permite pulsului electric să fie transmis și mai rapid. Cei mai mulți neuroni pot fi încadrați într-una din cele trei categorii funcționale:

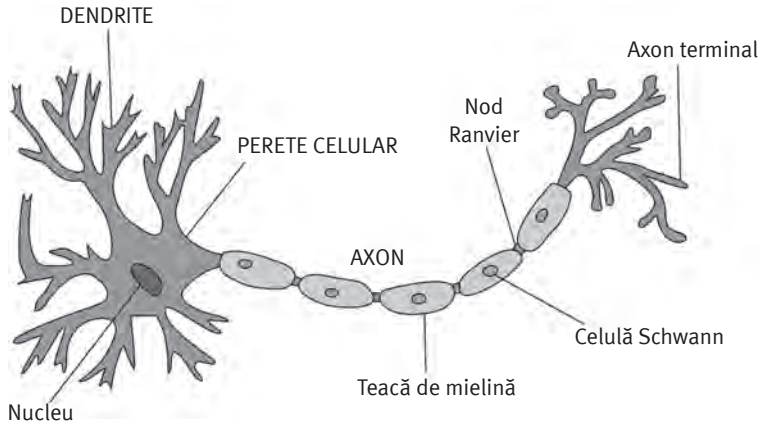


Figura 24.1 Structura unui neuron specific vertebratelor.

a. *Neuronii senzoriali*
Primesc stimularea de la celule sau organe receptoare senzoriale, precum celulele epiteliale sau ochiul, și transmit un impuls electric fie direct neuronilor motori, fie interneuronilor coordonatori. În cel de-al doilea caz, sunt numiți și neuroni aferenți.

b. *Neuronii motori*
Transmit un impuls electric la o celulă efectoare sau la un organ (un mușchi, de exemplu). Se mai numesc și neuroni eferenți.

c. *Interneuronii*
Primesc impulsuri de la neuronii senzoriali și controlează, coordonează și transmit răspunsul neuronilor motori.

Transmiterea impulsurilor electrice de la un neuron la altul sau la o celulă efectoare se petrece de obicei la nivelul regiunilor microscopice care se creează între neuroni, numite sinapse, prin intermediul unor substanțe chimice numite neurotransmițători. Apare și comunicarea electrică directă, atunci când membranele sunt în contact direct; sinapsele electrice se întâlnesc în special la nevertebrate și la vertebratele primitive.

Prin terminațiile dendritice și axonale fiecare neuron poate primi impulsuri de la și poate trimite impulsuri către alți neuroni, formând o rețea. Figura 24.2 prezintă schematic felul în care aceste tipuri diferite de neuroni se conectează unii cu alții și cu celule senzoriale și efectoare la un animal cu sistem nervos central.

Interneuronii se conectează și ei unii cu alții și împreună integrează, coordonează și controlează multe reflexe individuale, astfel încât reacțiile unui animal reprezintă mai mult decât o sumă a reflexelor individuale:

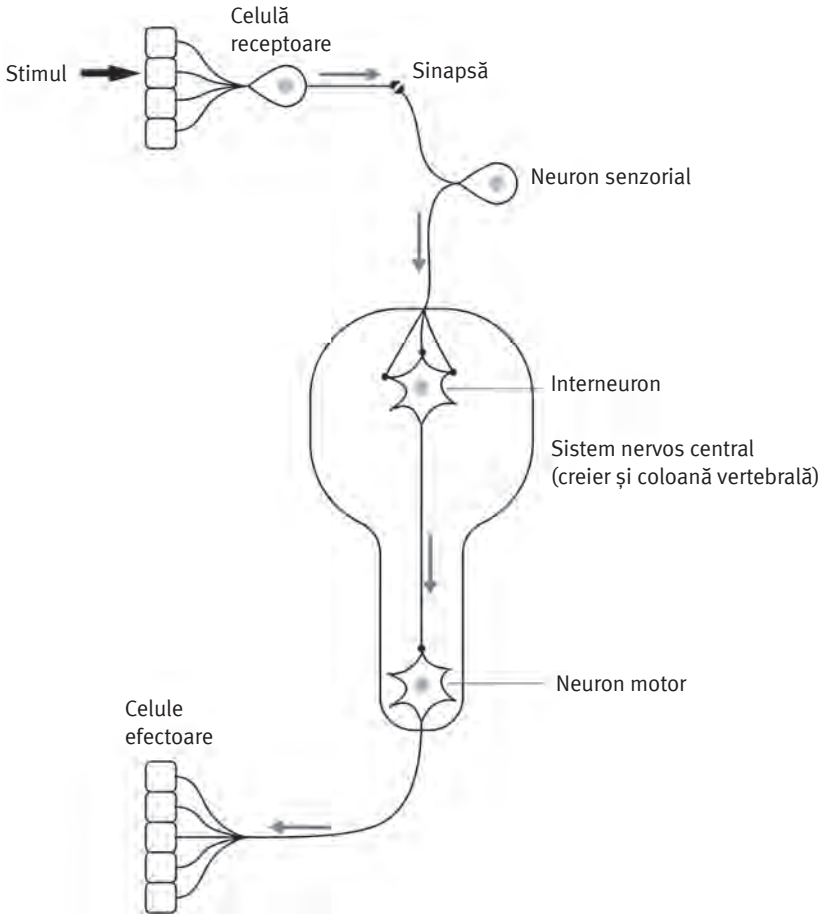


Figura 24.2 Reprezentarea schematică a conexiunilor neuronale la un animal cu sistem nervos central.

comportamentul său este caracterizat prin flexibilitate și adaptabilitate la circumstanțele schimbătoare.

Dezvoltarea conștiinței de-a lungul descendenței umane este corelată cu evoluția sistemului nervos. Ceea ce nu înseamnă că toate sistemele nervoase au evoluat conform aceleiași traiectorii liniare, așa cum susținea modelul cerebral triunic elaborat de neurologul și psihiatrul Paul MacLean, model a cărui influență s-a simțit mai ales în anii '70 și '80. Dovezile din domeniul anatomiei comparate, acumulate în ultimii treizeci de ani, sugerează că, de-a lungul diferitelor filiații animale, au evoluat diferite sisteme nervoase, ducând la apariția unor caracatițe, păsări și mamifere marine actuale care au sisteme nervoase diferite structural de cel al primatelor

nonumane, dar cu abilități cognitive aparent comparabile. Oricum, pe noi ne interesează aici evoluția omului, astfel încât voi încerca să urmăresc evoluția sistemului nervos de-a lungul filiației umane.

Sistemul nervos în descendența umană

Neuronii nu se fosilizează. Unica modalitate de a reconstitui evoluția sistemului nervos în descendența umană este aceea de a examina sistemul nervos al speciilor actuale care sunt cât se poate de asemănătoare din punct de vedere morfologic cu fosilele datate după estimări ale primei lor apariții în categoriile taxonomice ale regnului *Animalia* până se ajunge la specia *Homo sapiens*, așa cum se poate vedea în tabelul 20.1.

Sistemul nervos difuz

Cele mai vechi fosile animale au o simetrie radială, precum cnidarii din fauna ediacarană.[i] Cele mai primitive sisteme nervoase cunoscute astăzi se întâlnesc la animalele foarte simple, cu simetrie radială, precum cnidarii (hidrele, meduzele, anemonele și coralii) și sunt considerate sisteme nervoase difuze fiindcă celulele nervoase sunt distribuite în întreg organismul, de obicei sub stratul epidermic extern, din care probabil au și evoluat. Conexiunile lor formează o rețea neuronală sau o rețea nervoasă, ilustrată prin cea a hidrei din figura 24.3.

Sistemul nervos central și periferic

Viermii lați se numără printre primele nevertebrate care au o simetrie bilaterală, cu o parte stângă și una dreaptă desfășurate aproape în oglindă.[ii] Aceşti viermi se numără și printre primele organisme la care apar un sistem nervos central rudimentar și un sistem nervos periferic, ilustrate în figura 24.2.

Sistemul nervos al viermilor lați reflectă morfologia bilaterală a acestora. Două grupuri de neuroni interconectați formează un creier rudimentar din care pornesc două cordoane de fibre nervoase de-a lungul laturilor dreaptă și stângă. Aceste cordoane sunt unite între ele prin comisuri nervoase transversale, asemănătoare cu treptele unei scări. Aceste elemente formează un sistem nervos central primitiv. De la cordoane către laturi se desfășoară o serie de mici nervi care formează sistemul nervos periferic. Aceşti nervi periferici răspândiți pe tot corpul sunt asociați cu organe senzoriale. Ocelii sau ochii rudimentari care reacționează la lumină sunt plasați

---

[i]) Vezi pagina 344.

[ii]) De ce au animalele o simetrie bilaterală în loc de una trilaterală sau tetralaterală este o întrebare care se pune rareori și căreia nu i s-a dat niciodată un răspuns satisfăcător. „Principiul adaptativ“ nu este o explicație suficientă: mediul înconjurător are trei dimensiuni spațiale.

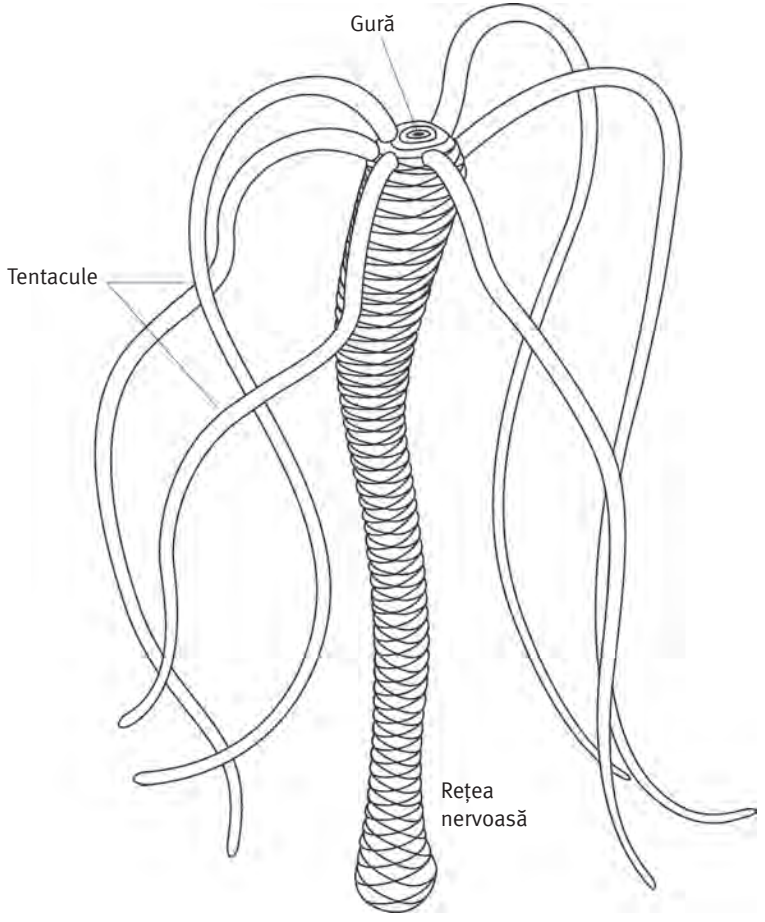


Figura 24.3 Sistemul nervos difuz al unei hidre.

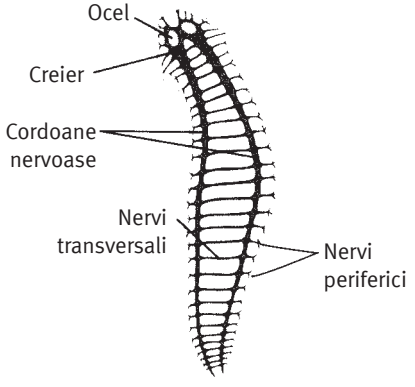


Figura 24.4 Sistemul nervos la viermele lat bilateral.

în apropierea creierului, în timp ce gura se situează la jumătatea distanței între cele două extremități ale corpului. Neuronii motori sunt la rândul lor răspândiți în diferite zone ale corpului.

Evoluția animalelor bilaterale indică un tipar de creștere a numărului de neuroni și totodată un proces de centralizare prin care grupurile de neuroni senzoriali se apropie tot mai mult de un creier mai mare.

Descendența umană urmează o cale evolutivă ce conduce la vertebrate. Sistemul nervos al acestora este alcătuit dintr-un creier protejat de o cutie craniană și din cordoane nervoase protejate de o coloană vertebrală segmentată. Tiparul de centralizare continuă cu cefalizarea: grupuri de neuroni senzoriali – de exemplu cei care sunt stimulați de miros sau de auz – sunt concentrați în apropierea creierului, în extremitatea cefalică, în timp ce cordoanele nervoase sunt alcătuite din pachete de fibre nervoase ce transmit semnale către și de la un creier alcătuit din două grupuri mai mari și interconectate de interneuroni cu rol de coordonare și de control.

Sistemul nervos periferic al vertebratelor este divizat în două părți. Sistemul nervos autonom cuprinde fibrele nervoase motorii ce trimit semnale organelor efectoare interne, precum inima, plămânii și glandele endocrine (care produc și secretă substanțe chimice numite hormoni ce au ca scop reglarea metabolismului celular), în special pentru menținerea homeostaziei, adică a funcționării normale a animalului adult. Acest sistem nervos autonom este gestionat de partea cea mai veche a sistemului nervos central, trunchiul cerebral (pe care omul îl împărtășește cu descendenții celor mai vechi reptile), care reacționează în mod automat la stimuli. Sistemul nervos somatic conține fibre nervoase motorii care comunică cu organele efectoare (precum mușchii) situate cu precădere în sau lângă învelișul extern al corpului animalului; această componentă este activată de sistemul nervos central, reacționează la stimuli senzoriali și se află sub control voluntar.

Evoluția vertebratelor indică de asemenea un tipar de complexificare. Creșterea numărului de interneuroni ce controlează reacțiile la speciile mai complexe din punct de vedere morfologic conduce la dezvoltarea cerebrală a trei regiuni interconectate, fiecare asociată unui anume simț: creierul anterior, asociat cu olfacția, creierul mijlociu, asociat cu vederea, și creierul posterior, asociat cu auzul și echilibrul. Evoluția ulterioară întâlnită de-a lungul descendenței umane duce la apariția unei perechi de excrescențe interconectate ce se dezvoltă din creierul anterior pentru a forma emisferele cerebrale: o excrescență ce pornește din mezencefal pentru a forma acoperișul mezencefalului (sau tectum) și o excrescență sub forma unei sfere ondulate de țesut nervos ce pornește din trunchiul cerebral pentru a forma cerebelul („creier mic“, în latină). Figura 24.5 ilustrează aceste structuri împreună cu altele descrise mai jos, care au evoluat pentru a forma creierul uman.

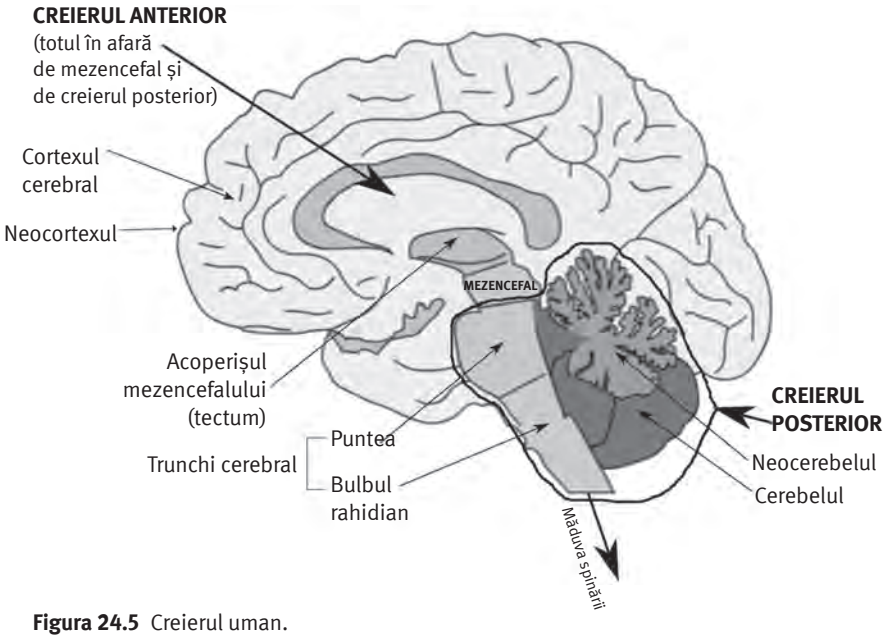


Figura 24.5 Creierul uman.

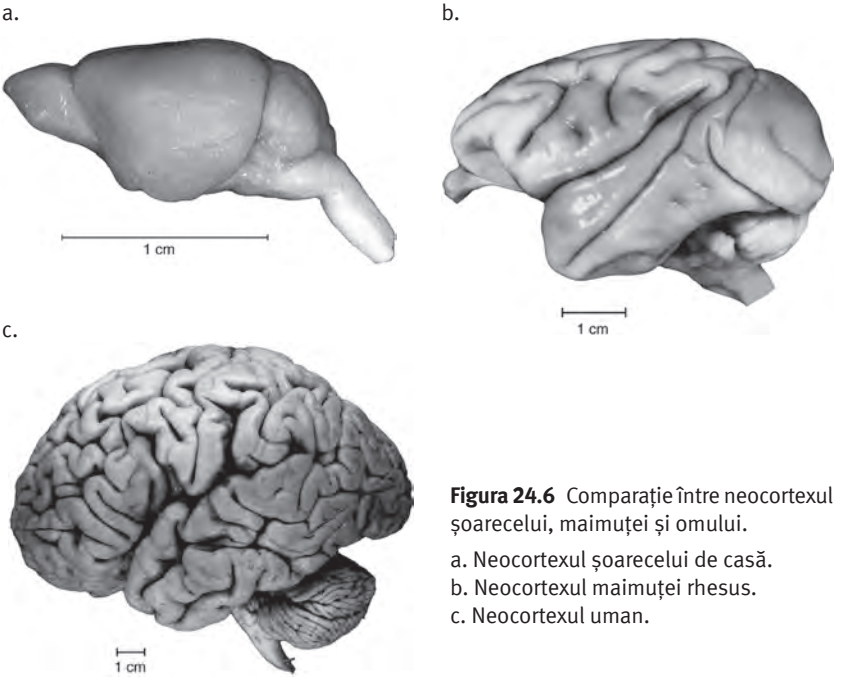


Figura 24.6 Comparație între neocortexul șoarecelui, maimuței și omului.

a. Neocortexul șoarecelui de casă.
b. Neocortexul maimuței rhesus.
c. Neocortexul uman.

Adăugarea acestor centri nervoși la trunchiul cerebral primitiv permite o mai mare coordonare și asociere între fibrele motorii și cele senzoriale. Evoluția de la vertebrate mai vechi la altele mai recente cunoaște un transfer treptat al funcțiilor de la trunchiul cerebral, situat în regiunea inferioară, la cortexul cerebral, situat în regiunea superioară. Cortexul sau materia cenușie este stratul ce acoperă emisferele cerebrale și este alcătuit în special din corpurile celulare ale neuronilor situați deasupra materiei albe, alcătuită mai ales din axoni acoperiți cu teci albicioase de mielină.

Apariția clasei taxonomice a mamiferelor este marcată prin adăugarea a două noi structuri cerebrale. Astfel, din cerebel se dezvoltă neocerebelul, care se aseamănă cu o cultură de fungi, în vreme ce din cortex se dezvoltă neocortexul, noul strat plin de circumvoluțiuni și gros de aproape 2 milimetri.

Figura 24.6 schițează aceste dezvoltări. Pentru cele mai multe mamifere, precum șoarecele, neocortexul este mic comparativ cu restul creierului, lăsând trunchiul cerebral vizibil. La primatele nonumane precum maimuțele, neocortexul este mai mare și crește în interiorul cutiei craniene prin împăturire, ceea ce-i dă un aspect încrețit, lăsând la vedere doar o parte a trunchiului cerebral; la om, neocortexul este mult mai mare, acoperă în întregime trunchiul cerebral și are mult mai multe circumvoluțiuni.

Privind la aceeași scară, cea mai spectaculoasă modificare evolutivă este reprezentată de dezvoltarea neocortexului. La om, este doar de două ori mai gros decât la șoarece, dar are o suprafață de aproximativ o mie de ori mai mare și, cu toate că este cu 15% mai gros decât cel al unei maimuțe, are o suprafață de cel puțin zece ori mai mare.

Adăugarea unor noi regiuni cerebrale interconectate și specializate, concentrate la nivelul capului, a dus la creșterea centralizării și complexității sistemului nervos. Mai mult, creșterea globală a creierului de-a lungul descendenței umane a dus nu numai la creșterea numărului de neuroni, ci și la creșterea numărului de conexiuni stabilite prin intermediul terminațiilor lor dendritice și axonale. După o estimare realizată în anul 2009, creierul uman adult conține aproximativ 85 de miliarde de neuroni[5] (mai puțin decât cei aproximativ 100 de miliarde estimați de obicei), care transmit semnale unul altuia prin aproximativ 500.000 de miliarde ($0,5 \times 10^{15}$) de conexiuni sinaptice[6], transformându-l în cel mai complex lucru cunoscut din univers. În plus, aceste conexiuni neuronale nu sunt fixe, așa cum se credea înainte. Studii datând încă din anii '70 au evidențiat capacitatea neuronilor de a-și schimba conexiunile ca răspuns la informații noi și la stimularea senzorială, precum și la leziuni sau disfuncții. Acest fenomen, cunoscut drept neuroplasticitate, crește flexibilitatea comportamentală și este asociat cu învățarea și inovația.

Învățarea și inovația sunt de obicei considerate indicatori ai capacității cognitive sau ai inteligenței, specifice nivelurilor superioare de conștiință. Diferiți cercetători folosesc diferite definiții, metode și (adesea în mod tacit) supoziții de bază pentru a corela aceste comportamente cu sistemul nervos al unei specii. Există patru abordări principale.

1. *Dimensiunea creierului*

   Pornind de la presupunerea că abilitatea cognitivă poate fi raportată la numărul de neuroni și de conexiuni ale acestora, număr care crește odată cu dimensiunea creierului, unii specialiști au folosit capacitatea cranianã drept parametru al inteligenței. Acest criteriu este foarte ușor de aplicat în cazul fosilelor și al animalelor moarte.

   O abordare atât de simplistă cum este aceasta are însă destule probleme. Cum explici faptul că mamiferele mai mari au un corp mai mare cu o suprafață mai mare, și de aceea au nevoie de un număr mai mare de interneuroni care să proceseze un număr mai mare de neuroni motori și senzoriali decât de neuroni care să proceseze comportamentul inovativ? Această abordare nu explică de ce flexibilitatea comportamentală și inovația la o maimuță macac, de exemplu, sunt mult mai dezvoltate decât la ungulate, precum vaca, care are un creier de patru sau cinci ori mai mare, sau de ce inventivitatea umană o depășește considerabil pe cea a elefanților, care au un creier de șase ori mai mare.

   Dacă presupusa corelație dintre dimensiunea absolută a creierului și inteligență nu e valabilă în cazul unor ordine taxonomice diferite, ar putea fi oare valabilă în cadrul unui singur ordin, cum este cel al primatelor? În 2007, Robert Deaner, de la departamentul de psihologie al Universității de Stat Grand Valley din Michigan, și colegii săi au analizat literatura referitoare la cogniția speciilor de primate și au ajuns la concluzia că „măsurarea dimensiunii absolute a creierului reprezintă cel mai bun element predictiv al capacităților cognitive la primate“[7].

   Totuși, în 2011, Marta Mirazón Lahr, antropolog specialist în biologie de la Universitatea Cambridge, a arătat că registrul fosil, deși incomplet, sugerează că strămoșii noștri aveau un creier mai mare decât noi. De exemplu, un mascul adult de Cro-Magnon, care a trăit cu 30.000 până la 25.000 de ani în urmă, era înalt, musculos, cu o masă corporală de 80-90 kg și avea un volum mediu cerebral de 1.500 cm^3 (un volum asemănător cu cel al neanderthalienilor, care au dispărut cam în aceeași perioadă). Această dimensiune cerebrală a rămas în general neschimbată până acum aproape 10.000 de ani, când a început să se reducă până la dimensiunile creierului adult de astăzi, ce are

un volum cerebral mediu de 1.350 cm^3, o reducere de 10% (cu reducerea corespunzătoare de 10% a greutății corporale).[8]

Nu cred că cineva poate sugera că oamenii de acum 10.000 de ani aveau un comportament inovativ cu 10% mai dezvoltat decât oamenii actuali. Sau că femeile sunt mai puțin inovative și inteligente decât bărbații din cauză că femeia adultă are un creier cu aproximativ 10% mai mic decât cel al unui bărbat adult.

2. *Raportul dintre greutatea creierului și cea corporală*
În 1973, neuroanatomistul Hartwig Kuhlenbeck a comparat diferite specii folosind raportul dintre greutatea creierului și masa corporală.

Totuși, acest criteriu nu a rezolvat câteva probleme. Animalele terestre au nevoie de activarea neuronală a mușchilor pentru a depăși forța gravitațională care se opune mișcării lor, în timp ce această forță este în mare parte anulată de flotabilitatea în apă a peștilor și a mamiferelor marine. În plus, greutatea balenelor, de exemplu, este dată în mare parte de o masă de grăsime inertă neuronal care protejează animalul de temperaturile scăzute din adâncuri.

3. *Coeficientul de encefalizare*
În același an, Harry Jerison, de la departamentul de psihiatrie și științe comportamentale al UCLA, care s-a specializat în studiul fosilelor și al capacității lor craniene, a propus folosirea unui coeficient de encefalizare pentru a măsura mai eficient dimensiunile creierului tuturor speciilor de mamifere. Acest coeficient se bazează pe raportarea greutății creierului la greutatea corporală corectată cu o funcție de putere derivată din măsurătorile preluate de la diferite mamifere și care arată că dimensiunea creierului unei specii crește mai puțin decât cea a corpului pe măsură ce dimensiunea corpului crește; acest criteriu permite prezicerea masei cerebrale pentru orice specie.

Coeficientul de encefalizare arată măsura în care masa cerebrală observată a unei specii deviază de la valoarea prezisă a masei sale corporale: un coeficient egal cu 1 indică faptul că masa cerebrală observată coincide cu masa prezisă, iar un coeficient mai mare de 1 indică faptul că dimensiunea cerebrală a unei specii e mai mare decât este de așteptat în cazul masei sale corporale. În comparație cu alte clase de mamifere, omul are de departe cel mai mare coeficient, cuprins între 7 și 8. În comparație cu familia hominizilor, omul are un coeficient mai mare de 3; gorilele și urangutanii au un corp mai mare decât noi, dar creierul lor reprezintă o treime din creierul uman.

Coeficientul de encefalizare este standardul cel mai des folosit. Totuși, formula de predicție a masei creierului depinde de combinarea

speciilor măsurate. În plus, corelarea sa cu inteligența presupune următorul criteriu: cu cât creierul este mai mare în raport cu masa corporală, cu atât este disponibilă mai multă greutate cerebrală dedicată sarcinilor cognitive. Se presupune că animalele care au creier mic și un coeficient mare sunt mai inteligente decât animalele care au creier mare și un coeficient mai mic. Dar, cu toate că maimuțele capucin au un coeficient mult mai ridicat decât cel al gorilelor, performanța cognitivă a ultimelor este mult mai mare.

Pe scurt, deși reprezintă o îmbunătățire a metodei de bază, criteriul propus de Jerison este totuși prea rudimentar, deoarece nu ia în considerare care regiune cerebrală este răspunzătoare de comportamentul inovativ.

4. *Neocortexul*

În 1969, Heinz Stephan, de la Institutul Max Planck pentru Cercetarea Creierului, și O.J. Andy, de la departamentul de neurochirurgie al Centrului Medical al Universității din Mississippi, au conchis că toate primatele și aproape toate ordinele recente de mamifere placentare provin din insectivore străvechi, mici mamifere care se hrăneau cu insecte.

Cincisprezece ani mai târziu, Stephan, împreună cu Pierre Jolicoeur și colegii săi de la departamentul de științe biologice al Universității din Montréal, au examinat diferențele dintre creierul a 28 de specii actuale de insectivore, 63 de specii de chiroptere (ordin al liliecilor) și 48 de specii de primate. Acești cercetători au descoperit că neocortexul manifestă cea mai mare creștere volumetrică relativă de la insectivore până la primatele superioare. Această regiune este de 150 de ori mai dezvoltată la *Homo sapiens* decât la un insectivor ipotetic cu aceeași greutate corporală.[9]

Prin urmare, evoluția creierului uman se deosebește de cea a altor specii de mamifere și primate mai ales prin dezvoltarea neocortexului, partea cea mai recent evoluată a creierului, care procesează funcții cognitive superioare, precum memoria de scurtă durată, asocierile, inovația, limbajul, raționamentul și introspecția – toate acestea fiind caracteristici ale nivelurilor superioare de conștiință.

Circumvoluțiunile neocortexului sunt importante din trei motive. În primul rând, pliurile țesutului neuronal asigură o mai mare centralizare: în același volum pot încăpea mai mulți neuroni, ajungându-se la o mai mare densitate neuronală. În al doilea rând și în consecință, lungimea fibrelor care conectează acești neuroni este mai mică decât dacă neuronii ar fi fost mai distanțați, reducând astfel transmisia interneuronală

și timpul de reacție al creierului. În al treilea rând, capul nu trebuie să crească și mai mult pentru a adăposti un volum cerebral mai mare. Ca rezultat al ultimului factor, dimensiunea animalului nu trebuie să crească, astfel încât nu trebuie să crească nici numărul și nici lungimea fibrelor nervoase care fac legătura cu țesuturile senzoriale, precum pielea, și cu țesuturile efectoare, precum mușchii, din regiuni îndepărtate ale corpului. Acest lucru reduce timpul de transmisie neuronală și totodată crește procentul neuronilor asociați cu funcțiile cognitive superioare în raport cu cei răspunzători de funcțiile motorii sau de întreținere. În termeni generali, aceste aspecte optimizează raportul creier-corp pentru o reacție mai rapidă și mai flexibilă și pentru funcții cognitive avansate, precum inovarea. Toate astea nu sunt rezultatul selecției naturale dintr-o serie aproape nelimitată de posibilități aleatorii, ci al legilor fizicii.

CAPITOLUL 25

Reflecții și concluzii cu privire la apariția și evoluția vieții

> În era postcopernicană a istoriei umanității nici o persoană bine informată și rațională nu-și mai poate imagina că Pământul ocupă o poziție unică în univers. — Michael Rowan-Robinson, 2004

> Existența noastră reprezenta odinioară cel mai mare dintre mistere, dar ea a încetat să mai fie un mister. Darwin și Wallace au găsit răspunsul, însă noi vom continua o vreme de acum încolo să adăugăm note de subsol la soluția lor.
>
> — Richard Dawkins, 1986

> *Nullius in verba* (*Nu te încrede doar în vorbe*).
>
> — motto-ul Societății Regale

REFLECȚII

Una dintre bucuriile oferite de această cercetare este aceea că am descoperit lucruri la care nu mă așteptam. Cosmologii consideră că Pământul e unul dintre cele mai neînsemnate corpuri dintr-o galaxie ce conține câteva sute de miliarde de stele, multe dintre ele având propriul lor sistem planetar, în timp ce însăși galaxia noastră se pierde printre alte peste o sută de miliarde de galaxii din universul vizibil, care reprezintă, conform ortodoxiei cosmologice actuale, o parte incredibil de mică din întregul univers.

Totuși, pornind de la știința relativ nouă a astrobiologiei, se pot deduce șase condiții necesare în care cele mai complexe molecule alcătuite din până la 13 atomi (aflate în spațiul interstelar și în asteroizi) pot evolua până la stadiul de ființe complexe precum omul. Aceste șase condiții reduc dramatic zonele dintr-o galaxie și dintr-un sistem solar în care o asemenea evoluție ar putea să aibă loc în conformitate cu legile fizice și chimice cunoscute. Suprafața Pământului asigură astfel de condiții, dar – și aici apare surpriza – acest lucru se întâmplă numai datorită manifestării concomitente a unor evenimente stelare și planetare foarte neobișnuite. Chiar dacă nu e unic, Pământul rămâne aproape cu siguranță unul dintre puținele locuri propice apariției vieții inteligente în această galaxie.

O altă surpriză este lipsa unei definiții unanim acceptate a vieții. Cele mai multe definiții propuse nu sunt nici suficiente și nici necesare pentru

deosebirea lucrurilor vii de cele lipsite de viață, în timp ce multe dintre ele exclud ființe vii precum catârii deoarece nu se reproduc. Sper că definiția pe care am propus-o în capitolul 13 oferă o distincție viabilă și arată că există o graniță ireversibilă, oricât de imprecis ar fi trasată, care marchează o importantă tranziție evolutivă de la materia neînsufletită la viață.

Sunt deosebit de recunoscător acelor astrobiologi și geologi care mi-au corectat erorile sau omisiunile și au făcut comentarii referitoare la concluziile mele din primele versiuni ale diverselor capitole. Au făcut acest lucru fără prejudecăți și fără dogmatism, în cea mai bună tradiție științifică. Probabil acest lucru se datorează faptului că astrobiologia este o știință nou apărută, în vreme ce geologia a suferit o schimbare de paradigmă în anii '60, când, după cincizeci de ani de respingere sistematică a ipotezei derivei continentale, ortodoxia geologică a cedat în fața dovezilor în favoarea mecanismelor plăcilor tectonice, ale căror detalii sunt investigate și astăzi.

Din nefericire, când am ajuns la investigarea evoluției vieții, majoritatea răspunsurilor la întrebările mele și la primele versiuni ale acestei cărți au fost asemănătoare cu cele ale cosmologilor și fizicienilor teoreticieni discutate în capitolul 11 de la sfârșitul primei părți. Acestea pot fi grupate în cinci categorii:

a. Pură desconsiderare.
b. Desconsiderarea politicoasă.
c. Nu cunoașteți faptele.
d. Se pare că știți faptele, dar nu le înțelegeți.
e. Neodarwinismul este compatibil cu toate dovezile și cu toate ipotezele.

Un răspuns plin de desconsiderare la o rugăminte de a mi se verifica o primă versiune de capitol – care spunea la început că, în ultimii patruzeci de ani, foarte puține dintre studiile centrate pe speciile vii au căutat să investigheze dacă evoluția biologică este sau nu reală – începea cu: „Nu am putut să trec de prima frază a textului dumneavoastră [...]. Această afirmație este complet neadevărată". În continuare îmi amintea că s-au făcut mii de experimente destinate investigării realității evoluției biologice, adăugând că „mi se pare că orice persoană obiectivă și bine informată ar cunoaște aceste lucruri". Apoi îmi recomanda o carte publicată în 1986 sau orice text universitar despre evoluție.

Îl rugasem să-mi corecteze erorile sau omisiunile din versiunea acelui capitol tocmai pentru că îmi recunoscusem propria ignoranță cu privire la domeniul său. Totuși, acea carte din 1986 nu încearcă să determine dacă evoluția biologică este sau nu reală, ci prezintă doar metodele de investigare a mecanismelor sale neodarwiniste, adică exact ce spuneam în a doua

și a treia frază din capitolul meu; restul manuscrisului discută exemplele oferite în manualele universitare actuale. Acest răspuns este un exemplu extrem al felului în care biologii evoluționiști echivalează fenomenul evoluției biologice cu mecanismul neodarwinist, care nu reprezintă singurul mecanism posibil.

Un membru important al elitei biologilor americani a răspuns după câteva ore de la solicitarea mea prin e-mail, spunând: „Am trecut rapid peste textul pe care l-ați trimis [...]. Ceea ce ați scris este uneori naiv, incomplet și părtinitor, neactualizat în multe cazuri și plin de fapte, referințe și teorii greșite".

Treizeci și nouă din cele șaizeci de referințe (care erau corecte) din manuscrisul meu reprezentau articole apărute în ultimii șase ani, inclusiv o lungă contribuție a sa într-o enciclopedie publicată online chiar în anul respectiv. I-am răspuns că mă interesează foarte mult comentariile sale și că i-aș fi recunoscător dacă m-ar lămuri ce anume este părtinitor și dacă mi-ar indica erorile importante și referințele greșite. Deși am revenit cu această rugăminte, încă aștept răspunsul.

Răspunsurile din categoria desconsiderării politicoase spun că nu sunt de acord cu concluziile mele, dar îmi doresc toate cele bune. Unii au sugerat că atacul meu împotriva teoriei evoluției – o interpretare greșită a unor intenții clar declarate – dă de înțeles că sunt de fapt creaționist. Am fost nevoit astfel să-mi prefațez solicitările ulterioare cu mențiunea că nu sunt creaționist sau adept al proiectului inteligent și că în capitolele anterioare ajunsesem la concluzia că ambele curente se situează în afara domeniului științei.

În carte, înainte de a examina teoria ortodoxă actuală, am schițat dezvoltarea teoriei științifice din fiecare domeniu pentru a ilustra evoluția științei ca urmare a apariției unor noi dovezi și a unor noi direcții de gândire.

Unul dintre cercetătorii consultați a obiectat că folosesc cuvântul „ortodox", deoarece ar face trimitere la credința de tip religios. Două exemple de ortodoxie curentă în biologie sunt ipoteza „valorii selective inclusive" și cea a „ajutorului reciproc", invocate de sociobiologi pentru a explica de ce un fenomen atât de răspândit precum colaborarea este compatibil cu competiția neodarwinistă.

Edward O. Wilson, considerat în general părintele sociobiologiei, a avut onestitatea de a spune că această disciplină a luat-o pe un drum greșit în anii '60 și '70. În 2010, împreună cu doi biologi evoluționiști matematicieni, Wilson a publicat un articol în *Nature* unde argumenta că teoria valorii selective inclusive explică doar într-o mică măsură lumea naturală. Cinci luni mai târziu, *Nature* avea să publice un comentariu semnat de 138 de biologi evoluționiști care proclamau că „noi *credem* că argumentele lor se bazează pe o înțelegere greșită a teoriei evoluționiste și pe o reprezentare greșită a literaturii empirice [sublinierea îmi aparține]". O notă de subsol

spunea că și alți autori au adus contribuții importante la acest comentariu, dar nu au fost pomeniți deoarece sunt menționați în alte comentarii. Astfel, au mai apărut alte patru comentarii (semnate de alți 17 oameni de știință) care atacau diferite aspecte ale articolului lui Wilson. Când un total de 155 de biologi evoluționiști semnează un articol în care își exprimă *credința* că întemeietorul sociobiologiei nu înțelege teoriile cuprinse în disciplina respectivă, cred că ne putem face o imagine clară despre ce înțeleg eu prin ortodoxie și prin mentalitatea elitistă pe care o generează frecvent.

În capitolul 23, mă refer la faptul că lui Lynn Margulis i-a fost greu să-și publice cercetările în principalele reviste de știință și de biologie, în ciuda dovezilor de ordin genetic care dovedeau fără urmă de îndoială că cel puțin unele dintre ipotezele sale sunt valide.

Felul în care biologii ortodocși îi tratează pe disidenții din interior și pe criticii din afară ne amintește mult prea mult de modul în care se manifestă cosmologii ortodocși. Bănuiesc că motivele sunt în mare parte aceleași. În biologie, puterea este deținută de o școală care cuprinde teoreticieni ce folosesc statistica geneticii populațiilor și zoologi experimentaliști care lucrează mai ales cu musculițe de oțet și care extrapolează rezultatele obținute nu numai la toate celelalte animale, ci și la plante, fungi, protoctiste și bacterii. Această școală a oferit biologiei multe idei și contribuții valoroase; ipotezele sale au explicat multe dintre lucrurile cunoscute la vremea respectivă.

Dar după mai bine de 60 de ani această perspectivă s-a osificat într-o cultură a echivalării evoluției biologice cu modelul neodarwinist și a confundării demonstrațiilor matematice cu probele empirice. Dovezile contradictorii, în special cele provenite din registrul fosil și din observații asupra unui număr mult mai mare de specii care trăiesc în sălbăticie, sunt fie ignorate, fie negate prin afirmații fără susținere, erori logice sau modele matematice ale căror parametri arbitrari pot fi ajustați în așa fel încât să producă orice rezultat dorit. Celelalte ipoteze sunt ignorate din start sau susținătorii lor sunt acuzați că atacă evoluția biologică.

O trăsătură comună biologilor, în special în Statele Unite, este reacția lor la creaționism și la încercările de a introduce în școli studiul proiectului inteligent în paralel cu evoluția biologică. În mod paradoxal, prin faptul că ignoră sau neagă dovezi care contrazic neodarwinismul, aceștia oferă muniție creaționiștilor și mișcării proiectului inteligent.

Sunt recunoscător celor care s-au angajat într-un dialog ce s-a dovedit uneori destul de lung, cu toate că și-au menținut poziția ortodoxă. Ei mi-au recomandat unele articole pe care nu le cunoșteam și mi-au atras atenția asupra raționamentelor slabe și asupra neclarităților din unele părți ale manuscrisului. Unii au recunoscut până la urmă că manuscrisul are multe puncte valide.

Al cincilea tip de răspuns a venit de la biologii evoluționiști care recunoșteau contradicțiile dintre neodarwinism și dovezile din natură, precum și plauzibilitatea ipotezelor alternative. Aceștia au adoptat punctul de vedere potrivit căruia știința progresează și astfel neodarwinismul este compatibil cu toate dovezile și cu toate ipotezele alternative. Pentru a-l cita pe unul dintre ei: „Există neodarwiniști care cred că schimbarea trebuie să fie graduală. Dacă este însă valabilă teoria echilibrului punctat sau chiar cea saltaționistă, asta nu face decât să demonstreze că acei cercetători au o perspectivă greșită, nu că neodarwinismul ar fi greșit". Dar gradualismul este un principiu fundamental al darwinismului și al neodarwinismului.

O abordare atât de tolerantă, ce îmbrățișează ipoteze contradictorii și ipoteze respinse de dovezi, transformă teoria într-un instrument inutil. Orice teorie științifică este definită de principiile sale de bază, iar lui Jerry Coyne ar trebui să i se recunoască meritul că a definit principiile fundamentale ale neodarwinismului contemporan.

Tiparul istoric al teoriilor științifice arată progrese mici și treptate în rafinarea și aplicarea principiilor fundamentale, urmate de o creștere a numărului de noi dovezi și/sau de noi perspective care pun în discuție acele principii fundamentale, apoi de rezistența defensivă la aceste sfidări și, eventual, de acceptarea unui nou set de principii fundamentale, de regulă din partea generației mai tinere a oamenilor de știință. Așa s-a întâmplat în geologie și în fizică: Neils Bohr a fost descumpănit de studiul fizicii deoarece newtonianismul clasic nu putea fi contrazis și nu mai puteau fi făcute noi descoperiri majore. O astfel de perspectivă este exprimată în citatul lui Richard Dawkins de la începutul acestui capitol.

Biologia evoluționistă nu a suferit încă o schimbare de paradigmă. Atitudinea plină de smerenie față de ceea ce încă nu cunoaștem sau nu înțelegem este o calitate admirabilă, dar nu universal prezentă în rândul biologilor.

Dovezile mai solide obținute în ultimii 15 ani prin secvențierea rapidă a genomurilor mai multor tipuri de specii au generat modele care reflectă mai bine dovezile, noi idei și o nouă perspectivă asupra ipotezelor ignorate sau respinse anterior și care de fapt sunt compatibile cu acele dovezi. Sper că toate acestea vor produce poate o nouă teorie a evoluției biologice, în care neodarwinismul sau unele părți ale acestuia vor deveni cazuri speciale sau limitative.

Nu toți biologii evoluționiști au răspuns la manuscrisele mele așa cum am arătat mai sus. Un cercetător eminent a comentat: „Am citit secțiunea cărții dumneavoastră este de departe cea mai completă analiză a complexificării pe care am văzut-o". În timp ce altul mi-a scris: „Vă felicit pentru efortul de a prezenta atât de multe teorii alternative etc., mai ales că [...] multe

dintre ele au fost ignorate sau pur și simplu nu au fost accesibile publicului larg [...]. În general, cred că prezentarea dumneavoastră păstrează o neutralitate de care aveam de multă vreme nevoie".

CONCLUZII

Informațiile prezentate în partea a doua ne conduc la următoarele concluzii:

1. Pentru ca moleculele organice formate din cel mult 13 atomi (întâlnite în spațiul interstelar și în asteroizi) să evolueze până la un stadiu asemănător în complexitate cu cel uman trebuie îndeplinite șase condiții: o planetă cu elementele și moleculele esențiale, surse de energie, o masă minimă (și probabil maximă), protecție față de radiațiile nocive și impacturi, un interval restrâns de temperatură imediat deasupra și imediat dedesubtul suprafeței și stabilitatea biosferei vreme de miliarde de ani. (Capitolul 12)
2. Convergența mai multor factori galactici, stelari și planetari a asigurat aceste șase condiții pe Pământ, producând un flux schimbător de energie ce traversează un sistem care a rămas stabil, deși departe de echilibrul termodinamic, vreme de patru miliarde de ani și care a mijlocit dezvoltarea complexității necesare apariției și evoluției diverselor forme de viață, inclusiv omul. (Capitolul 12)
3. Viața poate fi definită drept capacitatea unei entități închise de a reacționa la modificările ce se produc în sine și în mediul său înconjurător, pentru a extrage energie și materie din acel mediu și a transforma acea energie și acea materie într-o activitate determinată intern ce include conservarea propriei existențe. Tranziția de la lipsa vieții la viață nu presupune doar o diferență de grad, ci și una de natură. (Capitolul 13)
4. Au fost identificate dovezi fosile concludente ale existenței vieții (sub formă de microorganisme complexe) în roci cu o vechime de două miliarde de ani. Trebuie să fi existat forme mai vechi și mai simple de viață. Există teorii potrivit cărora viața datează de 3,5, 3,8 sau chiar 3,85 miliarde de ani, din era hadeană, când Pământul a fost bombardat de asteroizi și alte resturi cosmice ale formării sistemului solar, dar și dovezile, și interpretarea lor sunt discutabile. Cea mai plauzibilă estimare actuală situează apariția vieții în urmă cu 3,5 miliarde de ani. (Capitolul 14)
5. Descoperirea extremofilelor, organisme care trăiesc în condiții extreme asemănătoare cu cele despre care se presupune că ar fi putut să existe în era hadeană, sugerează că viața *ar fi putut* să existe în acea perioadă, adică în timpul primilor 700 de milioane de ani de după formarea Pământului, dar nu constituie o dovadă concludentă. (Capitolul 14)

6. Din cauza numărului redus de probe fosile în general și din cauza faptului că aproape toate rocile sedimentare formate în primele două miliarde de ani au fost supuse unui proces de subducție sau au fost transformate în roci metamorfice, este aproape sigur că nu vom descoperi niciodată dovezi clare cu privire la primele forme de viață și că nu vom afla momentul apariției lor pe Pământ. (Capitolul 14)
7. Analiza genetică a unei game largi de celule sugerează, dar nu probează, că viața a apărut în mod natural o singură dată pe Pământ și că toate formele de viață actuale – de la numeroasele tipuri de bacterii și până la om – au evoluat dintr-un singur strămoș comun. (Capitolul 14)
8. Nici o ipoteză științifică nu explică de ce proteinele – molecule esențiale pentru funcționarea oricărei celule cunoscute, deci și a celor mai vechi celule independente – se formează pornind de la combinații de 20 de aminoacizi diferiți dintr-un număr de aproximativ 500 de aminoacizi cunoscuți și din ce cauză sunt folosiți numai izomerii levogiri. (Capitolul 14)
9. Nici o ipoteză științifică nu explică în mod convingător în ce fel numărul de atomi și de molecule care alcătuiesc componentele complexe esențiale, împreună cu funcționarea și cu configurațiile lor schimbătoare, care constituie cea mai simplă (și probabil cea mai veche) formă de viață independentă, au apărut la suprafața nou formatei planete Pământ prin interacțiunile dintre atomii și moleculele alcătuite din cel mult 13 atomi. (Capitolul 15)
   9.1. Explicația biochimiei ortodoxe cu privire la felul cum a apărut viața dintr-o supă primordială, alcătuită din astfel de substanțe chimice, este lipsită de susținerea experimentală și este lipsită de validitate, deoarece, printre altele, există o improbabilitate statistică imensă ca reacții întâmplătoare dintr-o soluție apoasă să fi putut produce molecule de ARN autoreplicante sau chiar peptide autoreplicante, cu atât mai puțin unele formate numai din aminoacizi levogiri.
   9.2. Alte ipoteze – precum cea a complexității autoorganizate, a replicatorilor de argilă, a replicatorilor de pirită de fier sau a unui mecanism cuantic în locul celui termodinamic – oferă posibilități incitante, dar încă nu explică etapele-cheie și nu au susținere empirică.
   9.3. Diferitele supoziții potrivit cărora viața a ajuns pe Pământ din spațiul cosmic nu fac decât să amâne rezolvarea problemei apariției vieții. Cele mai multe dintre ele au fost deja respinse sau pornesc de la premise nefundamentate.

9.4. Principiul antropic slab nu explică nimic, în timp ce interpretările principiului antropic tare și ipotezele privind existența unui proiect inteligent al primei celule nu sunt falsificabile și deci se situează în afara domeniului științific.

10. La fel ca în cazul apariției materiei, știința este foarte probabil incapabilă să explice apariția vieții. (Capitolul 15)
11. Dovezile oferite de fosile, de structurile omologe, de vestigii, de embriologie, de biogeografie, de biochimie, de genetică și de genomica ființelor vii nu oferă, de unele singure, probe incontestabile în favoarea fenomenului evoluției biologice. Totuși, luate împreună, oferă o dovadă clară a faptului că omul a evoluat din cele mai timpurii forme de viață de pe Pământ, care s-au răspândit pe suprafața planetei pentru a forma biosfera sau, mai precis, biostratul. În plus, dovezile indică un tipar clar. (Capitolele 17 și 18)
12. Registrul fosil se desfășoară în timp de la simplu la complex: procariotele apar înaintea eucariotelor, eucariotele unicelulare, înaintea celor pluricelulare, simetria radială apare înaintea celei bilaterale și a cefalizării, nevertebratele apar înaintea vertebratelor, peștii, înaintea amfibienilor, mamiferele, înaintea primatelor și maimuțele antropoide, înaintea omului. (Capitolul 17)
13. Aceasta nu este o progresie liniară, ci o rețea care fuzionează și se ramifică în evoluția de la un strămoș universal comun către o mulțime de filiații care, în marea lor majoritate, dispar. (Capitolele 17 și 18)
14. Deși granița care marchează apariția unei noi specii nu este de obicei foarte clară, ea totuși există: odată depășită, nu mai e cale de întoarcere. (Capitolul 17)
15. Liniile descendente ating nivelul de stază, în care ultimele specii prezintă puține modificări. Aceste specii fie dispar, fie, lucru mai rar întâlnit, există în continuare câteva zeci sau chiar sute de milioane de ani, până în prezent. (Capitolul 17)
16. Dovezile actuale indică o creștere a complexității de-a lungul fiecărei descendențe; acest fapt e cu certitudine valabil în cazul liniei de descendență umană. (Capitolele 17 și 18)
17. Speciile existente formează un tipar de complexitate progresivă de la bacterii la om. (Capitolul 18)
18. Colaborarea joacă un rol mai important decât competiția în supraviețuire și propagarea vieții, de la genele care acționează împreună, la procariotele care colaborează în colonii pentru a se susține și a se reproduce, la organitele care colaborează în interiorul unei eucariote unicelulare pentru a susține și a reproduce celula, la grupurile celulare specializate care colaborează în interiorul organismelor plurice-

lulare, până la animalele care colaborează în societăți precum coloniile de insecte, bancurile de pești, stolurile de păsări și familii, clanuri, trupe și alte grupuri sociale întâlnite la numeroase mamifere. Colaborarea este de asemenea larg răspândită între membrii unor specii diferite. (Capitolul 19)

19. În cazul speciilor unicelulare și animale, colaborarea ia în principal forma unui grup din cadrul unei specii ce comunică și lucrează laolaltă pentru a construi un adăpost comun, pentru a produce și crește urmași, pentru a căuta hrană, pentru a se apăra, pentru a ataca prada și pentru a migra într-un mediu propice supraviețuirii și reproducerii. În unele cazuri, diferite grupuri din cadrul aceleiași specii sau chiar din cadrul unor specii înrudite colaborează pentru un beneficiu comun, în special în timpul migrațiilor. (Capitolul 19)
20. Colaborarea la speciile unicelulare este înnăscută. În cazul animalelor simple, precum multe specii de insecte, colaborarea este de asemenea înnăscută, dar mai complexă și adesea impusă; un astfel de comportament poate fi considerat mai degrabă o formă de colectivism decât de cooperativism, în cadrul căruia colaborarea este voluntară sau are beneficii reciproce. (Capitolul 19)
21. Pe măsură ce complexitatea speciilor crește de la pești la primate, învățarea socială crește la rândul său pentru a completa comportamentul instinctiv; acest fenomen se corelează de asemenea cu creșterea complexității creierului însoțită de creșterea inteligenței, atestată prin găsirea unor soluții mai ingenioase pentru rezolvarea problemelor. (Capitolul 19)
22. Explicația ortodoxă actuală a fenomenului evoluției biologice este o sinteză adusă la zi a selecției naturale darwiniste a caracterelor ereditare generate aleatoriu, caractere ce le permit indivizilor populației unei specii să fie mai bine adaptați la mediul în care trăiesc, reușind astfel să trăiască mai mult și să se reproducă mai mult, a geneticii populațiilor bazată pe statistică și a dogmei centrale a biologiei moleculare, conform căreia informația circulă numai de la genă la proteina celulei. (Capitolul 16)
23. Mulți susținători ai paradigmei neodarwiniste spun că selecția naturală produce evoluție biologică, dar aceasta nu poate fi o cauză decât dacă natura alege, pentru că selecția înseamnă alegere. Nu poate fi nici o metaforă pentru o lege naturală, deoarece susținătorii ei nu invocă nicăieri și nici nu aduc dovezi pentru o lege naturală a evoluției biologice bazate pe genă și valabilă în cazul tuturor ființelor vii. Dacă selecția naturală este mai mult decât un argument circular (organismele care supraviețuiesc și se reproduc mai mult sunt

cele selectate în mod natural să supraviețuiască și să se reproducă mai mult), atunci este o înregistrare pasivă a unor efecte determinate de alte procese. (Capitolul 21)

24. Conform modelului neodarwinist, există trei cauze principale ale evoluției speciilor (Capitolul 21):
    24.1. Mutațiile genetice generate aleatoriu care codifică trăsături ce oferă unui membru al unei populații a speciei un avantaj în competiția pentru resurse limitate și protecție împotriva prădătorilor în mediul înconjurător al populației respective.
    24.2. Competiția pentru resurse finite din mediul înconjurător, ce are loc în primul rând între membrii unei populații aflate în creștere și le oferă învingătorilor șansa de a trăi mai mult și de a avea mai mulți urmași.
    24.3. Reproducerea sexuată care răspândește astfel de mutații genetice avantajoase în fondul genetic al populației pe parcursul a zeci sau sute de mii de generații.
25. Această ipoteză neodarwinistă ortodoxă explică în mod plauzibil tiparul dominant al dovezilor – marile extincții ale speciilor – ca rezultat al următoarelor cauze sau combinații de cauze: competiția mortală între membrii unei populații aflate în creștere pentru resursele limitate din mediul înconjurător al populației respective, predatorismul practicat de alte specii, răspândirea mutațiilor dăunătoare în fondul genetic al unei populații (pentru a se produce transformări morfologice sunt necesare extrem de multe mutații genetice, în contextul în care și o singură mutație poate fi fatală) și incapacitatea speciei de a se adapta la o modificare a mediului său înconjurător. (Capitolele 16, 17, 18, 19, 21 și 22)
26. Multe specii suferă variații reversibile ca reacție la modificările mediului înconjurător, datorate mai degrabă unor modificări ale cantității relative de variații genetice deja prezente în fondul genetic al populației decât acumulării treptate a unor noi mutații genetice. Totuși, modificările reversibile nu constituie o evoluție a speciei. Pentru a deosebi modificarea adaptativă reversibilă de modificarea ireversibilă, evoluția biologică trebuie definită drept un proces de schimbare la nivelul organismelor ce are ca rezultat apariția unei noi specii. (Capitolele 18 și 21)
27. Nu există dovezi care să susțină explicația neodarwinistă a evoluției ireversibile a noilor specii. (Capitolul 18)
28. Ipoteza neodarwinistă tradițională nu reușește să explice următoarele lucruri:

28.1. De ce registrul fosil al animalelor arată existența unei staze morfologice, cu modificări minore și adesea oscilante, urmată de o apariție bruscă din punct de vedere geologic (de-a lungul a zeci de mii de ani) a unor specii noi care, la rândul lor, rămân în esență neschimbate vreme de câteva zeci sau chiar sute de milioane de ani, până când dispar din registrul fosil sau, mai rar, dăinuie până astăzi.

28.2. De ce acumularea de mutații genetice este aproximativ asemănătoare în diferite filiații, având în vedere că unele dintre ele nu suferă modificări ale morfologiei sau ale speciilor timp de zeci sau chiar sute de milioane de ani, în ciuda schimbărilor considerabile ale mediului înconjurător, în timp ce altele trec exact în aceeași perioadă printr-o serie de tranziții evolutive majore.

28.3. De ce anumite specii cu gene foarte asemănătoare au fenotipuri foarte diferite, iar alte specii, foarte diferite din punct de vedere genetic, au fenotipuri asemănătoare.

28.4. Speciația imediată (și nu cea graduală) prin poliploidizare, care presupune o creștere a numărului normal de cromozomi din celulă și care se manifestă în mod natural la multe plante și la unele specii de pești, amfibieni, reptile și chiar mamifere, fiind probabil mai răspândită decât se considera inițial.

28.5 De ce sau cum se moștenesc caracteristicile dobândite fără să existe nici o modificare genetică subiacentă.

28.6. Funcția unui procent de aproximativ 98% din genomul uman ce nu conține gene definite drept segmente de ADN destinate codificării proteinelor: așa-numitul „ADN deșeu“, care, după cum s-a demonstrat în ultima vreme, este implicat în reglarea expresiei rețelelor genetice, o funcție care determină fenotipul în aceeași măsură în care o fac genele ce codifică proteine.

28.7. De ce o singură celulă fertilizată, rezultată în urma fuziunii celulei sexuale masculine cu cea feminină, se reproduce în celule stem identice care apoi se diferențiază în celule specializate cu funcții diferite și care ulterior evoluează într-un organism masculin sau feminin independent și complex.

28.8. De ce sau cum au evoluat cele mai numeroase specii de pe planetă; adică procariotele, care nu se reproduc pe cale sexuală, ci prin clonare, și realizează transfer orizontal de gene, uneori între specii foarte diferite.

28.9. De ce sau cum dovezile evoluției biologice sunt caracterizate prin două tipare majore și înrudite: complexificarea și colaborarea. (Capitolele 20, 21 și 22)

29. Afirmația adepților proiectului inteligent potrivit căreia ipoteza neodarwinistă nu poate explica inovațiile biologice importante și tiparul complexificării acestora este susținută de dovezi substanțiale. Dar a conchide că aceste inovații biologice trebuie să fie dirijate de un agent inteligent reprezintă o eroare logică. Faptul că ipoteza neodarwinistă nu poate explica aceste fenomene nu înseamnă neapărat că nu există sau nu vor exista alte ipoteze științifice și testabile care să ofere explicații. Susținătorii proiectului inteligent nu reușesc să ofere nici o explicație testabilă a credinței lor, ceea ce face ca proiectul inteligent să nu se încadreze în domeniul științei. (Capitolul 22)
30. Cât despre alte ipoteze care dezvoltă sau contestă paradigma neodarwinistă, ipoteza echilibrului punctat nu se îndepărtează radical de neodarwinism, dar respinge explicația speciației, susținând că mutațiile genetice din rândul unei populații răspândite pe o arie geografică extinsă se diluează din cauza dimensiunii populației și a schimbărilor constante ale mediului, care duc la modificări morfologice minore ce oscilează în jurul unei medii, fapt evidențiat de registrul fosil. Această ipoteză susține că mutațiile genetice se răspândesc rapid în subpopulații mici, izolate și aflate la periferie, ceea ce duce la apariția unor noi specii care nu se pot încrucișa cu indivizi din grupul de origine. (Capitolul 22)
31. Ipoteza apariției bruște contestă de asemenea gradualismul neodarwinist. Susținută de dovezi biochimice, ea afirmă în mod convingător că starea normală a unui organism este una de homeostază, deoarece mecanismele de reparare celulară corectează constant mutațiile aleatorii și astfel previn schimbarea. Numai stresul relativ brusc și sever poate deregla aceste mecanisme și poate împiedica repararea mutațiilor din celulele sexuale, ceea ce produce modificări genomice semnificative care afectează dezvoltarea organismului. Totuși, această ipoteză nu explică în mod clar cum apar noi specii viabile sau cum se produc tranziții evolutive care prezintă un tipar de creștere a complexității. (Capitolul 22)
32. Teoria neutralistă pune în discuție acumularea graduală a mutațiilor genetice benefice, pe care neodarwinismul o consideră singurul mecanism de speciație. Această teorie susține că, la nivel molecular, majoritatea modificărilor genetice acumulate nu conferă nici un avantaj adaptativ sau competitiv, iar speciația poate avea loc prin acumularea aleatorie de mutații „neutre selectiv". Deși neagă ideea unui mecanism unic, teoria neutralistă nu explică în mod clar cum apar noi specii viabile sau cum se produc tranziții evolutive care prezintă un tipar de creștere a complexității. (Capitolul 22)

33. Ipoteza duplicării întregului genom, propusă prima dată în 1970, încearcă să explice cum se produc modificări evolutive la vertebrate prin dublarea celor două seturi normale de cromozomi per celulă, etapă urmată de revenirea la numai două seturi de cromozomi per celulă și dublarea numărului de gene. Deși a fost ignorată sau respinsă la vremea respectivă, această ipoteză a început să fie susținută de secvențierea recentă a genomului mai multor specii. De exemplu, o mare parte din genomul uman conține patru seturi de gene multiple cu o structură similară, plasate în locuri diferite pe cromozomi.

    Această ipoteză explică în mod plauzibil speciația relativ rapidă evidențiată de registrul fosil. Totuși, în stadiul în care se află acum, nu explică ce anume a cauzat o astfel de duplicare a genomului sau ce mecanism a fost implicat. Poate că studii ulterioare ale poliploidizării la plante și la animale vor răspunde acestor întrebări și vor lămuri rolul acestui mecanism în evoluția biologică. (Capitolul 22)
34. Teoria epigenetică încearcă să extindă paradigma actuală dincolo de neodarwinism propunând mecanisme negenetice atât în cazul morfogenezei (diferențierea celulelor stem în celule specializate, care ulterior produc un organism adult complex și independent), cât și în cel al moștenirii caracteristicilor dobândite, dar nu explică de ce se petrec astfel de fenomene. (Capitolul 22)
35. Teoria convergenței contestă perspectiva majorității neodarwiniștilor de azi conform căreia cauzele modificărilor genetice sunt aleatorii, motiv pentru care și efectele lor fenotipice sunt aleatorii. Această teorie susține că „inerența“ de la nivelul biochimic și principiul adaptativ limitează evoluția biologică la un număr limitat de rezultate fenotipice care manifestă, între altele, un tipar de complexificare progresivă, apariția omului fiind o condiție aproape inevitabilă.

    În stadiul în care se află acum, această ipoteză nu recunoaște în mod adecvat dovezile divergenței în evoluția biologică (complexificarea progresivă apare de-a lungul unor filiații divergente). Distincția dintre evoluția convergentă și cea paralelă (organele, planul corporal sau comportamentele sunt asemănătoare la specii diferite deoarece se regăsesc într-o formă sau alta la un strămoș comun) este estompată, deoarece genele asociate cu dezvoltarea sunt foarte asemănătoare la foarte multe specii diferite; pe de altă parte, planurile corporale rezultate din acțiunea unor astfel de gene foarte asemănătoare sunt foarte diferite.

    În evoluția biologică se găsesc tipare de divergență și de convergență. Însă prin faptul că așază inerența la baza convergenței această

ipoteză descrie numai un tipar, nu și cauza tiparului, în timp ce invocarea principiului adaptativ nu ajută la definirea unei legi care să poată fi aplicată tuturor organismelor. (Capitolul 22)

36. Ipoteza emergenței caută să explice de ce, din nenumărate posibilități, în evoluția vieții se produc doar un număr limitat de emergențe majore ale complexificării. Deși ideea că există una sau mai multe legi subiacente ale selecției este atrăgătoare, nici una dintre aceste legi nu a fost încă identificată. La fel ca în cazul explicației pe care o oferă cu privire la apariției vieții, această ipoteză nu a avansat dincolo de descrierea fenomenului. (Capitolul 22)
37. Conform adepților săi, complexitatea autoorganizată explică atât diferențierea celulelor stem în celule specializate care se dezvoltă apoi într-un adult independent (morfogeneză), cât și evoluția speciilor considerate, fiecare din ele, drept o rețea autoreglată guvernată de un tip special de reguli de comutare în logică booleană ce produc stabilitate la limita haosului. Totuși, de la introducerea sa în 1991, predicțiile matematice pe care le-a propus au fost contrazise de dovezi genetice și genomice, modelele sale matematice nefiind încă corelate corespunzător cu datele biologice. În consecință, la fel ca în cazul explicației pe care o oferă cu privire la apariției vieții, această ipoteză nu oferă în prezent mai mult decât speranța că, prin corectarea modelelor sale matematice, va contribui la descoperirea unor noi legi biologice. (Capitolul 22)
38. Ipoteza existenței unor legi naturale ale evoluției genomului a fost formulată în 2011, în urma creșterii volumului de date furnizate de secvențierea completă a unor genomuri. Această ipoteză susține că datele de care dispunem indică existența câtorva tipare universale în evoluția genomului și fenomului în filiații ale unor grupuri foarte diverse, precum bacteriile, arheele și eucariotele. În plus, aceste tipare pot fi explicate prin modele matematice simple, asemănătoare celor folosite în fizica statistică. Întrucât aceste modele nu includ selecția naturală, tiparele respective sunt modelate de proprietățile emergente ale ansamblurilor de gene. În consecință, sugerează ipoteza, pot fi găsite legi ale evoluției biologice comparabile ca statut cu cele ale fizicii. Această abordare ar putea determina de ce rezultatele evoluției biologice sunt limitate la doar câteva dintre posibilitățile aproape nelimitate. (Capitolul 22)
39. Ipoteza ingineriei genetice naturale a fost formulată tot în anul 2011, ca o punere în discuție a paradigmei neodarwiniste, care susține că evoluția biologică este cauzată de modificări genetice apărute aleatoriu într-un genom altminteri static. Această ipoteză susține că

celulele au abilitatea înnăscută de a-și reorganiza genomurile ca răspuns la sute de stimuli diferiți. În plus, genomurile nu sunt sisteme de memorie de tip „doar pentru citire“ supuse unor modificări accidentale, ci sunt sisteme de stocare a informației de tip „citire-scriere“ situate la toate scările timpului, de la ciclurile unei singure celule la eoni evolutivi. Capacitatea de a evolua progresează odată cu evoluția: organismele vii sunt ființe ce se modifică de la sine și sunt intrinsec teleologice. Această ipoteză afirmă că paradigma actuală nu explică rapiditatea și varietatea complexificării biologice și că integrarea dovezilor biologice cu abordări bazate pe informație și pe sisteme va produce o nouă paradigmă pentru secolul XXI.

Ipoteza ingineriei genetice naturale nu oferă o paradigmă, ci mai curând programul unei paradigme bazate pe conceptul automodificării organismelor, care se dovedește a fi mai concordantă cu dovezile existente decât cea actuală. (Capitolul 22)

40. Biologia sistemică contestă reducționismul modelului neodarwinist prin adoptarea unei perspective holistice asupra fenomenelor naturale și prin căutarea proprietăților emergente. Studiază ființele vii ca o rețea integrată și interactivă de gene, proteine și reacții biochimice care dau naștere vieții și sunt răspunzătoare de forma și funcțiile unui organism. Aceste proprietăți emergente nu pot fi atribuite unei singure părți din sistem, care este astfel o entitate ireductibilă.

    Acest concept reflectă realitatea lumii biologice mult mai bine decât modelul neodarwinist și tinde către o înțelegere mai completă a cauzelor și mecanismelor evoluției biologice. Principalul pericol în viitor este că, prin folosirea bioinformaticii pentru a face față unui volum tot mai mare de date de secvențiere moleculară și din dorința de a fi tot atât de riguroși precum reducționiștii, specialiștii acestei subdiscipline se vor concentra atât de mult pe investigarea specializată a părților, încât vor pierde din vedere întregul. (Capitolul 22)
41. Asemănătoare la nivel conceptual cu teoria anterioară, dar raportată la întreaga planetă, ipoteza Gaia susține că biosfera, atmosfera, oceanele și solul Pământului reprezintă un sistem interactiv capabil de autoreglare; evoluția organismelor vii este atât de strâns legată de evoluția mediului lor înconjurător, încât reprezintă practic un singur proces evolutiv. Deși, la nivel intuitiv, toate aceste lucruri par cât se poate de logice și au o oarecare fundamentare empirică la nivel global, ipoteza Gaia nu oferă încă o explicație suficient de tangibilă cu privire la evoluția speciilor. (Capitolul 22)
42. Ipoteza cauzalității formative încearcă să explice nu numai cum se produc morfogeneza și evoluția biologică, ci și de ce se produc. Conform

acestei ipoteze, nu există legi universal imuabile, care sunt concepte deterministe newtoniene ce nu explică cauza existenței acestor legi. Mai curând ipoteza spune că natura are deprinderi. Toate speciile recurg și contribuie la o memorie colectivă universală evolutivă care ia forma unor câmpuri morfice universale evolutive. Printr-un proces de rezonanță, fiecare câmp morfic își impune propriul tipar comportamental într-o activitate altminteri aleatorie pentru a determina, de exemplu, celule stem umane identice să se diferențieze în celule specializate care produc organisme adulte independente. Unele dovezi experimentale referitoare la comportamentul șobolanilor nu se potrivesc nici cu ipoteza neodarwinistă, nici cu moștenirea epigenetică a caracterelor dobândite, dar se potrivesc cu ipoteza cauzalității formative. Lipsa confirmării experimentale a acestei ipoteze, propusă încă din 1981, ar putea fi atribuită reticenței comunității științifice. (Capitolul 22)

43. Încercarea de a privi prin prisma neodarwinismului comportamentul necompetitiv al tuturor speciilor, inclusiv al celei omenești, a avut drept rezultat o perspectivă teoretică a evoluției biologice centrate pe genă, perspectivă adoptată de sociobiologie. Principalele sale ipoteze sunt următoarele. (Capitolul 23)

    43.1. *Altruismul bazat pe înrudire sau valoarea selectivă inclusivă*

    Pe baza teoriei matematice, această ipoteză susține că altruismul provine de la indivizii care acționează în vederea transmiterii cât mai multor cópii ale propriilor gene generației viitoare, nu numai în mod direct, prin reproducere sexuată, ci și în mod indirect, prin asigurarea succesului reproductiv al unei rude apropiate, chiar dacă asta presupune costuri personale.

    Totuși, această ipoteză:

    a. Nu explică comportamentul majorității speciilor de pe planetă, procariotele, care se înmulțesc prin clonare și pot transfera gene altor procariote aparținând unor specii foarte diferite.
    b. Presupune că membrii unui grup se vor comporta în același fel dacă împărtășesc aceleași gene, când dovezile existente arată că relațiile dintre gene și comportament sunt mult mai complexe.
    c. Folosește termenul „altruism“ pentru a descrie colaborarea forțată.
    d. Confundă comportamentul animal înnăscut și forțat cu cel uman intențional.
    e. Nu explică altruismul la specia umană.

f. Nu reușește să explice colaborarea dintre animale care nu sunt veri de gradul întâi.

43.2. „*Altruismul reciproc*“

Această ipoteză susține că animalele și oamenii se comportă altruist deoarece un act lipsit de egoism va fi recompensat în viitor. Se bazează pe o contradicție în termeni: dacă un gest este apoi răsplătit, nu mai poate fi considerat un act altruist, ci este mai curând ajutor reciproc sau cooperare. Suferă de primele cinci neajunsuri ale ipotezei altruismului bazat pe înrudire. În plus, nu există dovezi ale unor comportamente din natură care să susțină această ipoteză. „Dovezile“ sale sunt teoretice, așa cum sunt și variantele sale ce încearcă să explice comportamentele cooperative, egoiste și dușmănoase. Aceste abordări se bazează fie pe modele matematice care nu generează tipare ale comportamentului real, fie pe teorii extrem de simpliste ale jocurilor din anii ’50, teorii care nu țin cont de realitățile biologice, pot fi construite în așa fel încât să producă orice rezultat dorit, nu au valoare predictivă și schimbă sau chiar inversează accepțiunea generală a unor termeni.

43.3. *Gena egoistă*

Această ipoteză susține că genele sunt mecanismele de bază ale vieții. Astfel, corpurile individuale pot să nici nu existe, iar genele concurează unele cu altele pentru supraviețuire și reproducere. Această teorie se bazează pe eroarea conceptuală de a atribui intenții segmentelor unui acid și este contrazisă de dovezi.

43.4. *Gena genială*

Această ipoteză ilustrează faptul că teoria jocurilor poate fi construită în așa fel încât să producă orice rezultat dorit.

43.5. *Selecția pe mai multe niveluri*

Această ipoteză recunoaște că ipotezele sociobiologice anterioare sunt greșit concepute, oferă o perspectivă mult mai realistă asupra lumii complexe a organismelor și a interacțiunilor dintre ele și cu propriul mediu înconjurător, iar descrierea felului în care decurg tranzițiile evolutive majore este concordantă cu colaborarea ca principal factor determinant al evoluției biologice.

44. Colaborarea reprezintă una dintre cele mai mari provocări pentru științele biologice și cele sociale, însă aceasta este o problemă autoimpusă, generată de adoptarea modelului neodarwinist, care se bazează pe competiție. Această problemă poate fi rezolvată prin recunoașterea

faptului că există colaborare la orice nivel al vieții și că aceasta este principala cauză a dezvoltării și supraviețuirii organismelor. (Capitolul 19)

44.1. Genele conlucrează în vederea dezvoltării unui organism, adesea fiind reglate de alte gene care conlucrează la rândul lor.

44.2. Un organism unicelular este alcătuit din părți care îndeplinesc funcții specifice și care colaborează pentru a menține și reproduce organismul.

44.3. O celulă eucariotă e alcătuită dintr-un nucleu care controlează colaborarea dintre părțile celulare sau organitele ce desfășoară funcții specifice pentru menținerea și reproducerea celulei, în timp ce organismele pluricelulare sunt alcătuite dintr-o ierarhie de grupuri celulare care colaborează pentru a menține organismul și pentru a produce urmași.

44.4. Organismele, de la procariotele simple până la om, colaborează pentru propria supraviețuire și propria reproducere.

45. Cu precădere colaborarea (și nu competiția neodarwinistă) este cea care produce evoluție biologică caracterizată prin complexificare, inovație și diversificarea formelor de viață, pornind de la cele mai vechi și simple procariote. Colaborarea dintre diferitele tipuri de bacterii arhaice (simbioză) le-a permis unor organisme mai mici să trăiască în interiorul unor organisme mai mari (endosimbioză), etapă urmată de fuziunea acestora (simbiogeneză), pentru a forma primele eucariote unicelulare (care sunt mai mari, mai complexe și au nucleu). Simbiogeneza ulterioară cu alte bacterii arhaice și transferul de gene de la endosimbionți la nuclei au dat naștere unor celule eucariote mai mari și mai complexe ce conțin organite care colaborează și care sunt caracteristice regnului animal, celui vegetal și celui al fungilor. Coloniile de eucariote unicelulare din aceste regnuri au fuzionat pentru a forma eucariote pluricelulare și mai complexe. (Capitolul 23)

46. Complexificarea și inovația petrecute ulterior în regnul animal nu se explică prin acumularea graduală a unor mutații genetice aleatorii în cadrul populației unei specii pe parcursul mai multor generații în aceeași măsură în care se explică prin: (Capitolele 17, 18, 22 și 23)

46.1. Transpozonii implicați în reglarea expresiei genelor și generarea diferitelor tipuri de celule și de structuri biologice.

46.2. Transferul orizontal de gene între specii.

46.3. Fuziunea genomurilor prin hibridizare.

46.4. Duplicarea întregului genom (posibil prin hibridizare sau poliploidie).

47. Colaborarea dintre membrii grupului unei specii pentru a construi adăposturi comune, pentru a produce și crește urmași, pentru a căuta hrană, pentru a se apăra, pentru a ataca prada și pentru a migra într-un mediu cu resurse mai bune (ipoteza ajutorului reciproc), împreună cu colaborarea dintre membrii unor specii diferite, este un factor mai important decât competiția neodarwinistă pentru creșterea probabilității acelor membri de a supraviețui și a se reproduce. (Capitolele 16 și 23)
48. La fel ca în cazul competiției, colaborarea poate fi înnăscută – comportament care s-a dovedit util pentru supraviețuire și reproducere și a fost moștenit genetic sau epigenetic, sau probabil a rezultat dintr-un câmp morfic – sau intențională, așa cum e în cazul societăților umane. (Capitolul 23)
49. Colaborarea furnizează o explicație mult mai plauzibilă decât competiția neodarwinistă pentru tiparul observat în cazul acelor specii taxonomice ce manifestă o dezvoltare a abilităților cognitive prin învățare socială. (Capitolul 19 și 23)
50. Evoluția vieții este mai mult decât evoluție biologică. Conștiința, ca percepere a mediului înconjurător, a celorlalte organisme și a propriului sine ce poate duce la acțiune, apare în forme rudimentare încă de la procariote, cele mai primitive și mai vechi forme de viață de pe Pământ, așa cum ne arată acțiunile pe care le întreprind pentru a supraviețui ca reacție directă la stimuli externi și interni. În măsura în care procariotele individuale au colaborat în comunități, s-au dezvoltat și unele reacții directe menite să asigure supraviețuirea colectivă. (Capitolul 24)
51. Conștiința se dezvoltă de-a lungul liniilor descendente animale, lucru demonstrat de evoluția unor acțiuni mai complexe și mai variate, în special prin apariția unor comportamente înnăscute, învățate, sociale și inovatoare. Pe măsură ce de-a lungul descendenței umane au apărut specii mai complexe, comportamentele învățate, sociale și inovatoare au căpătat o importanță mai mare. (Capitolul 24)
52. Corelația fizică a acestei dezvoltări a conștiinței este constituită de evoluția animalelor cu un sistem nervos electrochimic ce permite reacții mai rapide, mai variate și mai flexibile la stimuli externi. Acest proces este caracterizat prin patru tendințe interconectate. (Capitolul 24)

    52.1. *Dezvoltarea*

    O creștere netă a numărului de neuroni și a conexiunilor dintre ei.

52.2. *Complexificarea*

Sistemul nervos devine mai complex nu numai prin creşterea numărului de neuroni şi a conexiunilor modificabile dintre ei (până la apariţia creierului uman, cel mai complex lucru cunoscut în univers), ci şi prin creşterea numărului şi dimensiunii grupurilor interconectate de neuroni care procesează şi controlează reacţiile la o gamă tot mai mare de stimuli externi şi interni. Neocortexul – partea creierului cel mai recent evoluată şi totodată cea mai complexă – manifestă cea mai mare creştere de la mamiferele timpurii până la om, corelată cu o creştere a comportamentului inovator – un semn al inteligenţei – de la mamifere la primate, urmată de o şi mai mare creştere a comportamentului inovator şi a inteligenţei la specia umană.

52.3. *Centralizarea*

Dezvoltarea şi complexificarea sunt însoţite de o centralizare progresivă care merge de la reţelele difuze de neuroni (la animalele primitive mai simple) la un sistem nervos central (la vertebrate), unde cele mai multe grupări neuronale se concentrează în cap, iar restul, în măduva spinării.

52.4. *Optimizarea*

Centralizarea şi complexificarea reduc lungimea conexiunilor neuronale şi astfel timpul de transmisie şi de reacţie, având loc în schimb o sporire a tipurilor de reacţie. În timp ce, în general, animalele au dimensiuni tot mai mari pe măsură ce linia lor descendentă evoluează, creierul şi dimensiunile corpului oamenilor moderni sunt mai mici decât cele ale strămoşilor lor umanoizi, fapt concordant cu optimizarea raportului creier–corp pentru o eficienţă maximă a sistemului nervos electrochimic în ceea ce priveşte asigurarea unor reacţii mai rapide şi mai flexibile.

53. Organismele care au colaborat în vederea supravieţuirii cel mai probabil au provocat selecţia naturală a reţelelor genetice ce promovează dezvoltarea, complexificarea şi centralizarea sistemului nervos. Acest proces constituie o corelaţie fizică a dezvoltării conştiinţei, care până acum a atins cel mai înalt nivel la specia umană. Optimizarea sistemului nervos electrochimic în vederea unor reacţii mai rapide şi mai flexibile este un rezultat al legilor fizicii. (Capitolul 24)

Pornind de la datele pe care le avem, se pot deduce patru legi calitative ale evoluţiei biologice.

prima lege a evoluției biologice Competiția și schimbările rapide ale mediului înconjurător duc la dispariția speciilor.

a doua lege a evoluției biologice Colaborarea duce la evoluția speciilor.

a treia lege a evoluției biologice Ființele vii evoluează prin creșterea complexității și a centralizării de-a lungul liniilor descendente care fuzionează unele cu altele și se ramifică, ajungând la stază în toate cazurile, cu excepția unei singure linii descendente.

a patra lege a evoluției biologice Dezvoltarea conștiinței se corelează cu creșterea colaborării, a complexificării și a centralizării.

În partea a treia voi examina dacă apariția omului a marcat o schimbare de grad sau de natură în evoluția vieții.

PARTEA A TREIA

Apariția și evoluția omului

CAPITOLUL 26

Apariția omului

> Calitatea esențială a omului [...] este gândirea conceptuală.
> —Julian Huxley, 1941

> Originea și dezvoltarea culturii umane – vorbirea articulată și medierea simbolică a ideilor, credințele și comportamentul – sunt printre cele mai mari enigme nerezolvate din studiul evoluției umane. Astfel de probleme nu se pot explica prin date anatomice sau arheologice. —Russell Howard Tuttle, 2005

Orice explicație cu privire la originile noastre – când, cum și de ce am evoluat din primate – depinde de înțelegerea condiției noastre de oameni. Aș începe deci partea a treia trecând în revistă diversele definiții ale omului, formulând definiția pe care o voi folosi eu și examinând dovezile referitoare la apariția oamenilor, pentru ca apoi să analizez cum o explică știința actuală.

CE ESTE OMUL?

Ca și în cazul definirii vieții, nici aici nu există un consens privind întrebarea ce este omul. Specialiștii definesc omul din perspectiva propriei discipline, dar chiar în cadrul aceleiași discipline apar diferențe semnificative.

Paleoantropologii apelează la abilități specifice arheologiei, antropologiei și anatomiei pentru a studia apariția oamenilor, astfel încât este instructiv să încep prin a vedea cum identifică ei omul. După Donald Johanson, cel care a descoperit bucăți din scheletul fosilizat al unei creaturi poreclite Lucy, despre care a tras concluzia că avea mersul biped, „bipedalismul este cea mai distinctivă și probabil cea mai timpurie trăsătură definitorie a oamenilor". Dar pinguinii, păsările Emu, struții și celelalte păsări sunt bipede. Dintre primate, cimpanzeii uneori merg în două picioare pe sol, dar țin genunchii îndoiți. În schimb, urangutanii se deplasează de la o ramură la alta a copacilor unde trăiesc, adoptând, de regulă, o poziție bipedă, cu picioarele drepte precum oamenii, ridicându-și brațele pentru echilibru și pentru a apuca. Și chiar Johanson o plasa pe Lucy în taxonul preuman *Australopithecus afarensis.*

Frecvent, dinții sunt singurele fosile hominine găsite în siturile preistorice, și adesea au fost folosiți doar unul sau doi dinți pentru a hotărî dacă o fosilă este umană sau aparține unei alte specii. Raționamentul este acela că cimpanzeii actuali, ruda genetică cea mai apropiată a oamenilor, au caninii mari, proeminenți și ascuțiți, premolarii inferiori cu o singură cuspidă, care ascute caninii superiori și un smalț dentar subțire; oamenii de azi au caninii mai mici, asemănători incisivilor centrali, premolarii inferiori sunt bicuspizi, iar dinții au smalț dentar gros. Măsura în care dinții fosili seamănă mai curând cu cei umani decât cu cei ai cimpanzeilor indică poziția creaturii respective în arborele filogenetic care pornește de la strămoșul comun al oamenilor și cimpanzeilor și ajunge până la oamenii actuali. Totuși prezumția folosită este aceea că dinții s-ar fi modificat în ramura care duce la omul actual, dar nu s-au modificat în ramura care conduce către cimpanzeii actuali. Așa cum vom vedea mai târziu, descoperitorii lui *Ardipithecus ramidus* susțin că strămoșul comun al cimpanzeilor și al oamenilor nu semăna cu cimpanzeii actuali. În plus, urangutanii actuali au un smalț dentar gros.

Alți paleoantropologi folosesc capacitatea craniană drept caracteristică definitorie a oamenilor. Dar, așa cum am văzut în capitolul 24, elefanții au o capacitate craniană cam de șase ori mai mare decât a omului, iar capacitatea craniană a omului de acum 30.000 de ani era asemănătoare cu cea a neanderthalienilor din aceeași perioadă, estimată a fi cu 10% mai mare decât cea a omului actual.[i]

Chris Stringer, de la Muzeul de Istorie Naturală al Marii Britanii, încearcă să examineze toate datele, folosind o suită de caracteristici pentru a defini omul: creier de volum mare, craniu înalt și boltit, frunte verticală, față mică și plată, arcade sprâncenoase reduse, mandibulă cu bărbie osoasă, dinți mai mici și mai simpli, os timpanic ușor, conținând oasele urechii, os scurt și aproape circular în secțiune transversală, în fața pelvisului, lipsa crestelor iliace care să întărească pelvisul deasupra articulației șoldurilor și oase ale coapsei ovale în secțiune transversală și îngroșate mai ales în față și în spate.[1] Totuși, chiar dacă toate aceste oase ar fi fost găsite la un specimen preistoric, ceea ce nu s-a întâmplat în realitate, ele reflectă mai curând un grad redus de deosebire față de alți hominini decât niște caracteristici unic umane.

Zoologul Desmond Morris susținea că o caracteristică definitorie a oamenilor este lipsa blănii, fapt care îi deosebește de 193 de alte specii de antropoide și maimuțe.[2] Totuși, această caracteristică nu-i deosebește pe oameni de balene, delfini și multe alte mamifere. Chiar dacă oamenii au

[i]) Vezi paginile 473–474.

fost definiți ca maimuțe fără blană, acest criteriu nu ajută la stabilirea apariției omului, deoarece blana fosilizată se găsește extrem de rar.

Geneticienii definesc oamenii după genele lor. Totuși, așa cum am văzut în capitolul 18, oamenii au în comun cam 94% dintre genele lor cu cimpanzeii și, probabil, 90% dintre ele cu șoarecii.[i] Analiza inițială a genomului omului de Neanderthal, publicată în 2010, sugerează că genele oamenilor diferă de cele ale neanderthalienilor cu numai 0,3%[3]; deși această diferență este mai mică decât cea de 6% față de cimpanzei, ea nu este cu mult mai mare decât diferența de 0,1–0,15% estimată în cazul oamenilor actuali.[4]

Unii geneticieni încearcă în prezent să identifice gene particulare, sau variații, care sunt unice pentru specia umană, dar cred că această cercetare nu are șanse să descopere o caracteristică unică, mai ales din următoarele cauze: variațiile genetice dintre oameni și faptul că cele mai multe gene acționează laolaltă cu multe alte gene sub formă de rețele, ceea ce le permite să fie de multe ori implicate în funcții diferite ale căror efecte depind hotărâtor de reglarea lor: măsura în care sunt activate, când și pentru cât timp.

Puțini antropologi susțin astăzi că omul este definit mai curând de cultură decât de gene; teoria ortodoxă actuală este coevoluția gene–cultură. Dar în acest cadru, majoritatea privesc cultura drept o trăsătură specific umană. De exemplu, în cartea lor *Not by Genes Alone: How Culture Transformed Human Evolution*, Peter Richerson și Robert Boyd definesc cultura ca „informație capabilă să influențeze comportamentul pe care indivizii îl dobândesc de la alți membri ai speciei prin învățare, imitație și alte forme de transmitere socială". Totuși, cum am văzut în capitolul 19, cu excepția învățării toate aceste trăsături sunt prezente și la alte animale, de la pești la primatele nonumane, ba chiar și învățarea a fost observată la suricate.[ii]

Mulți cercetători în domeniul neuroștiințelor susțin astăzi că pot defini omul identificând sediul capacităților specific umane – precum limbajul, folosirea simbolurilor și conștiința propriei individualități – în creier și rețelele neuronale și mecanismele cognitive care le susțin. Întrebarea dacă aceste capacități nu sunt decât activitate neuronală în anumite zone ale creierului sau, dimpotrivă, activitatea neuronală reprezintă un corelativ al acestor capacitați este o problemă fundamentală, mai curând de ordin metafizic decât științific, problemă pe care o voi analiza mai târziu. În ceea ce privește identificarea apariției oamenilor din strămoși primate, totuși neuronii nu lasă urme fosile, astfel încât e nevoie de alte dovezi.

---

[i]) Vezi pagina 318.

[ii]) Vezi pagina 387.

Definiția propusă

Oamenii sunt unici nu prin mersul biped, dinți, capacitatea cranianã, structura scheletului, lipsa blănii, gene, cultură, așa cum a fost descrisă mai înainte, sau activitatea neuronală din anumite zone ale creierului. Astfel de caracteristici fie sunt prezente și la alte organisme, fie variantele umane diferă numai în mică măsură de aceleași trăsături întâlnite la celelalte organisme.

După câte știm astăzi, avem totuși o caracteristică unică.

Tiparul dovezilor identificate în partea a doua a acestei cărți ne oferă un indiciu. Evoluția vieții în ansamblu este marcată de trezirea conștiinței, definită după cum urmează:

> **conștiință** Percepere a mediului înconjurător, a celorlalte organisme și a propriului sine în feluri care pot conduce la acțiune; o proprietate deținută de toate organismele, în diferite grade, de la nivelurile rudimentare, la organismele foarte simple, până la nivelurile sofisticate, la organismele cu un sistem cerebral complex.

Odată cu creșterea complexității, cu centralizarea și, în cazul oamenilor, cu optimizarea sistemului nervos, conștiința se dezvoltă în genealogia umană până la momentul în care *devine conștientă de sine*. La fel ca în cazul apei încălzite până la 100° Celsius, apare o schimbare de stare: conștiința reflectă asupra ei înseși.

> **conștiință reflexivă** Proprietate a unui organism prin care el este conștient de propria sa conștiință, adică nu numai că știe, dar și știe că știe.

Oamenii pot fi deci definiți ca:

> ***Homo sapiens*** Singura specie care posedă conștiință reflexivă.

Această facultate îi face pe oameni capabili să gândească despre ei înșiși și despre relațiile lor cu restul universului, căruia știu că-i aparțin.

Dovezi ale conștiinței reflexive

Cea mai grăitoare dovadă a acestei facultăți este faptul că omul poate să întrebe și să încerce să răspundă la întrebări de tipul: Ce suntem? De unde venim? Ce este universul în care existăm? și așa mai departe: lucruri ce țin de religie, de filozofie și de știință.

Aceasta este înflorirea deplină a conștiinței reflexive. Totuși, ea nu a apărut brusc, gata formată, așa cum o cantitate de apă care fierbe nu se transformă instantaneu în vapori atunci când se atinge temperatura de 100° Celsius.

Și atunci cum îi putem detecta apariția, primele licăriri din timpuri preistorice? Răspunsul pe care-l sugerez rezidă în dovezile acelor facultăți secun-

dare prezente la primate, pe care conștiința reflexivă le transformă, precum și a unor facultăți noi, secundare, pe care aceeași conștiință le generează. Cele mai importante facultăți secundare pe care conștiința reflexivă le transformă radical sunt înțelegerea, memoria, previziunea, cogniția, învățarea, inventivitatea, intenția și comunicarea. Printre noile facultăți secundare pe care le generează se numără gândirea, judecata, intuiția, imaginația, creativitatea, abstractizarea, voința, limbajul, credința și moralitatea. Datorită conștiinței reflexive se face diferența între cooperare (colaborare rațională, voluntară) și colectivism (colaborare instinctivă, condiționată sau forțată).

Aceste facultăți secundare au tendința să acționeze sinergic, iar rezultatele unor astfel de acțiuni lasă urme. De exemplu, înțelegerea, combinată cu inventivitatea, previziunea și imaginația, dă naștere unor unelte specializate, complexe; cogniția, combinată cu imaginația produce credința în puteri supranaturale care conduc la ritualuri religioase; cogniția, combinată cu comunicarea, produce artă figurativă – picturi și sculpturi; dacă se adaugă imaginația, arta se extinde la imagini care nu pot fi văzute în viața reală; dacă se adaugă abstracția, arta se extinde la simboluri.

Am văzut în partea a doua că apariția conștiinței la diferite specii s-a asociat, de asemenea, cu faptul că membrii speciei trăiesc în grupuri, fapt care facilitează, printre altele, învățarea socială. Facultățile individuale transformate sau generate de conștiința reflexivă care sunt împărtășite de societățile umane alcătuiesc cultura lor.

> **cultură umană** Cunoașterea, credințele, valorile, organizarea, obiceiurile, creativitatea exprimată prin artă și inovația exprimată prin știință și tehnologie specifice unei societăți, care sunt învățate și dezvoltate de către membrii respectivei societăți și transmise de la unii la alții, de la o generație la alta.

Această definiție distinge caracteristici unice ale societății umane, spre deosebire de definiția dată culturii de Richerson și Boyd, care se aplică multor societăți nonumane.

STRĂMOȘII OMULUI

Pentru a identifica momentul apariției omului – acele prime licăriri de conștiință reflexivă evidențiate prin semne ale facultăților secundare pe care le transformă sau le generează – trebuie să știm din ce anume au apărut oamenii.

Tabelul 20.1 (paginile 397–400) arată opinia majoritară, dar în nici un caz unanimă, asupra taxonomiei speciei umane: *Homo sapiens* este singura specie care a supraviețuit din genul *Homo*, în cadrul unui trib de hominini care face parte din familia hominizilor, parte din suprafamilia hominoidelor,

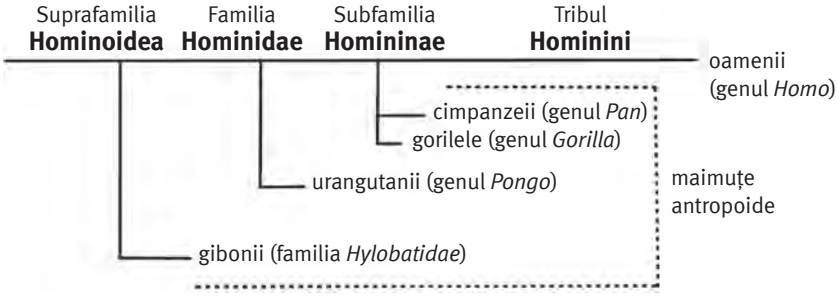


Figura 26.1 Arborele filogenetic care arată descendența omului din strămoșul hominoid.

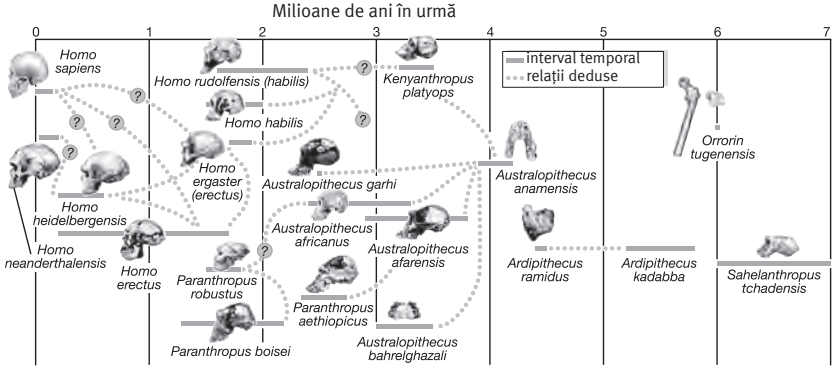


Figura 26.2 Posibile căi pentru o descendență ce conduce la apariția lui *Homo sapiens* din strămoși hominizi.

o ramură a ordinului primatelor. Cei mai mulți cercetători din domeniu consideră că aceste clasificări reflectă descendența în cadrul unui arbore evolutiv ramificat de la o clasă de primate de tip maimuță antropoidă, fără coadă, precum *Proconsul*, care a trăit cu 25 până la 5 milioane de ani în urmă în estul Africii și care este încadrat în suprafamilia *Hominoidea*. Figura 26.1 evidențiază ramurile acestui arbore evolutiv, cu exemple ale speciilor existente. El include o subfamilie adițională, *Homininae*, care cuprinde grupul homininilor, cele două specii de cimpanzei și gorilele, dar exclude urangutanii.

Oricum, stabilirea descendenței până la omul modern (specia *Homo sapiens*) este foarte problematică; inconvenientul este numărul mic de dovezi, care provoacă interpretări contradictorii și neînțelegeri referitoare la clasificările taxonomice și la relațiile ancestrale, reflectate în figura 26.2.

Dovezile și problemele pe care le pun

Cam o dată pe an, presa de popularizare și, adesea, revistele științifice anunță descoperirea câte unei noi fosile sau redatarea unei fosile deja des-

coperite folosind o nouă tehnică, ceea ce duce la rescrierea istoriei apariției omului. În lucrările lor academice, oamenii de știință au tendința de a fi mai precauți decât în conferințele de presă. Lucru de înțeles.

Așa cum spune istoricul arheolog Robin Derricourt, de la Universitatea din New South Wales, Australia:

> Atât paleoantropologia, cât și arheologia primilor oameni operează într-un cadru în care știința nu este experimentală, datele sunt împrăștiate, iar ipotezele nu sunt ușor de respins și nici de reprodus. Sunt puține alte științe în care o dovadă izolată să poată susține sau modifica un model interpretativ la scară largă fără ca dovada în sine să fie rapid testabilă.
>
> În acest cadru, personalitatea joacă un rol important – gânditorul conservator sau inovatorul, dogmaticul sau scepticul, taxonomul *splitter* sau taxonomul *lumper*.[5]

Situația oferă un teren fertil pentru legea interpretării datelor și rareori, dar semnificativ, pentru cazurile de fraudă.[i]

Pentru deducerea relațiilor evolutive și a comportamentului speciilor care au precedat omul modern sunt folosite cinci tipuri de dovezi: fosilele, alte rămășițe, datarea relativă și „absolută" (radiometrică), genetica și speciile existente în prezent. Fiecare dintre ele are propriile limitări.

Fosilele

Principala problemă este numărul mic de fosile. Dintr-o perioadă de 2,5 până la un milion de ani, numai aproximativ 50 de indivizi au fost clasificați ca fiind o specie de *Homo*, iar în cele mai multe cazuri probele sunt reprezentate de unul sau doi dinți sau de un fragment de os.

Nu au fost găsite aproape niciodată schelete complete din timpurile preistorice. Chiar și celebrul schelet Lucy, evaluat la o vârstă de 3,2 milioane de ani, constă în fragmente care formează împreună 47 de oase din totalul de 206 oase ale unui om adult. Fragmentele de dinți, mandibule inferioare, oase craniene superioare sau faciale sunt cele mai frecvente fosile, urmate de fragmente de femur, în timp ce rămășițele de picioare, mâini, pelvis și coloană vertebrală sunt extrem de rare.

Este ușor să te lași sedus de imaginile 3-D moderne și sofisticate, generate pe computer, ale unui craniu, dar acuratețea lor depinde de ipotezele de bază cu privire la felul în care fragmentele sfărâmate ar trebui reconstruite și la poziționarea lor la nivelul craniului, precum și de ipotezele cuprinse în programul care creează un craniu întreg pe baza datelor inițiale.

---

[i]) Vezi paginile 340–341.

Estimările capacității craniene sunt adesea folosite pentru a plasa o fosilă într-o anumită specie. Tabelul 26.1 cuprinde aceste dimensiuni ale creierului la trei hominine diferite; de asemenea, arată cât de puține specimene stau la baza acestor evaluări.

Chiar dacă estimările capacității craniene ar fi corecte și numărul probelor, cu mult mai mare, după cum am văzut în capitolul 2, nici dimensiunea craniului, nici raportul dintre dimensiunea craniului și greutatea corporală nu sunt criterii de încredere pentru evaluarea abilităților cognitive și, implicit, a nivelului conștiinței.[i]

Tabelul 26.1 Estimarea dimensiunii creierului fosilelor hominine și numărul de probe.

Hominin	**Capacitatea cranianã medie (cc)**	**Numărul de fosile**
Australopithecus	440	6
Paranthropus	519	4
Homo habilis	640	4
Homo erectus javanez (Trinil și Sangiran)	930	6
Homo erectus chinez (Peking man)	1,029	7
Homo sapiens	1,350	7

Sursa: Russell Howard Tuttle, 2014.

În privința scheletelor, în general, adulții sunt mai mari decât tinerii, și cei mai mulți masculi de hominide sunt mai mari decât femelele, dar gradul de dimorfism sexual variază între specii, făcând problematică interpretarea unui număr atât de mic de fragmente, adesea împrăștiate. Timp de mulți ani *Ramapithecus*, un grup de specii despre care se crede că au trăit acum 15 până la 5 milioane de ani, a fost considerat strămoșul lui *Australopithecus* și implicit al oamenilor moderni. Această presupunere s-a bazat pe o mandibulă reconstruită și pe fragmente de dinți găsite în două locuri îndepărtate unul de altul, Fort Ternan, din Kenia, și Siwalik Hills, din India. Genetica moleculară și alte fosile mai târzii au dus la ipoteza că acestea erau de fapt femele de *Sivapithecus*, un gen descris mai demult și considerat strămoșul urangutanilor.[6]

După cum am văzut, este imposibil de stabilit pe baza resturilor fosile dacă un specimen anume este un hibrid; este o problemă dificilă și la speciile existente astăzi, în cazurile în care hibridizarea între mamifere înrudite produce urmași fertili (vezi paginile 338 și 366); astfel de hibrizi apar și între

[i]) Vezi pagina 473.

cimpanzei și bonobo și multe specii de maimuțe. Cu toate acestea, hibridizarea reușită poate induce modificări fiziologice semnificative la urmași.

Din cauza numărului mic de resturi fosile, și supozițiile cu privire la comportament sunt deosebit de dificile.

Alte rămășițe

Specimenele găsite împreună cu resturi fosile ale altor hominini sau, foarte frecvent, izolate sunt folosite pentru a deduce comportamentul homininilor – și în consecință, nivelul lor de conștiință.

Cel mai adesea este vorba de unelte, în special unelte de piatră, deoarece acestea se conservă, de unde și denumirea de Epoca de Piatră. Și aici există o limitare: nu știm dacă primii hominini foloseau și unelte din materiale perisabile și alte ustensile, cum ar fi sulițele ascuțite de lemn și săgețile otrăvitoare, sau adăposturi și ascunzători făcute din bambus.

Atunci când uneltele de piatră sunt singurele rămășițe găsite într-un strat geologic, interpretarea funcției lor, a gradului de sofisticare și a asemănării lor cu rămășițe fosile găsite în altă parte a continentului sau chiar pe alte continente, pentru a deduce care specie le-a confecționat, este mai curând o artă decât o știință.

Resturile de cărbune pot proveni dintr-o vatră, arătând că indivizii respectivi foloseau focul pentru a se încălzi, a se apăra de prădători sau a prepara hrana, dar pot de asemenea să provină dintr-un trunchi de copac ars într-un incendiu de pădure. Alte rămășițe sunt fosilele de animale, precum fragmentele de oase de leu sau de lup. Acestea împreună cu rămășițele hominine sunt de regulă împrăștiate în sit și adesea nu este deloc clar dacă homininul este cel care a ucis sau a devorat animalul sau invers, ori dacă unul a târât părți din cadavrul celuilalt dintr-un alt loc decât cel în care este găsit, ceea ce afectează datarea fosilelor.

Datarea

În datarea relativă se presupune că specimenele găsite în straturi geologice mai joase sunt mai vechi decât cele din straturile superioare. Dar eroziunile, alunecările de teren, cutremurele și alte fenomene geologice pot încurca stratificarea cronologică. În cazuri rare, cenușa vulcanică produsă în urma unei erupții se poate răspândi foarte departe, astfel încât specimenele găsite într-un asemenea strat pot fi considerate de aceeași vârstă, dar asta nu ne spune despre ce vârstă e vorba.

Datarea cu radiocarbon, introdusă în anii ’50, era promițătoare din acest punct de vedere.[i] Mai târziu s-a recunoscut totuși că datarea unor probe mai

[i]) Vezi pagina 211 pentru o descriere mai detaliată a acestei tehnici.

vechi de 30.000 de ani devine din ce în ce mai puțin credibilă, deoarece cantitatea de carbon-14 rămas într-o probă după acest timp este prea mică pentru o măsurătoare exactă, iar contaminarea probei poate distorsiona semnificativ rezultatul. Descoperiri și mai recente despre fluctuațiile razelor cosmice și modificările în circulația atmosferică a Pământului au demontat presupunerea că procentul de carbon-14 din atmosferă a rămas constant.

Au fost dezvoltate și alte tehnici radiometrice, rezumate în tabelul 26.2, cu scopul de a extinde intervalul în care se poate face datarea și de a permite verificări încrucișate. Totuși, fiecare din aceste metode are probleme și limitări, rezumate competent de Chris Stringer.

Tabelul 26.2 Tehnici radiometrice și marja lor de siguranță.

Metoda	Intervalul aproximativ
Carbon-14	0–40.000 de ani
Izotopi de uraniu	0–500.000 de ani
Luminescența	0–750.000 ani
Rezonanța electronică de spin	0–3.000.000 de ani
Argon-40/argon-39	0–1.000.000.000 de ani

Sursa: Chris Stringer, 2011, pp. 33–44.

Tehnicile sunt constant revizuite și îmbunătățite, și aceasta a dus la redatarea specimenelor descoperite cu mulți ani în urmă, uneori cu rezultate senzaționale. De exemplu, un fragment de craniu uman descoperit în 1932 în Florisbad, Africa de Sud, fusese datat prin analiza cu carbon a turbăriei unde fusese găsit la o vechime de 40.000 de ani. În 1996, datarea smalțului unuia dintre molarii superiori prin rezonanță electronică de spin i-a atribuit o vârstă de 260.000 de ani.[7]

Genetica

Analiza genetică a fost adoptată ca o tehnică ce ar putea permite o abordare științifică mai precisă pentru reconstituirea apariției omului. După ce s-a descoperit că ADN-ul mitocondrial provenit exclusiv de la mamă (nu și de la tată) se clonează în mitocondrionul celulei fertilizate din care s-au format embrionii, cercetătorii Rebecca Cann, Mark Stoneking și Allan Wilson, de la Departamentul de Biochimie al Universității din California, Berkeley, au elaborat o cale de a reconstitui descendența matriliniară pe baza schimbărilor în timp ale ADN-ului mitocondrial (ADNmt). În lucrarea lor de referință din 1987, publicată în *Nature*, au analizat ADN-ul mitocondrial a 147 de femei din cinci regiuni geografice, au introdus datele într-un program computerizat creat chiar de ei și au ajuns la concluzia că „toate aceste probe

de ADN mitocondrial provin de la o femeie care trebuie să fi trăit în urmă cu aproximativ 200.000 de ani, probabil în Africa."[8]

Atât presa ştiinţifică, cât şi presa de popularizare au elogiat această realizare, considerând că a fost identificat strămoşul tuturor oamenilor moderni, aşa-numita Evă Mitocondrială. Rezultatele au reprezentat un sprijin puternic pentru ipoteza a originilor africane recente (vezi mai jos). Totuşi, lucrarea lor a întâmpinat mai multe critici. De exemplu, programul lor computerizat putea produce mii de arbori genealogici şi nu toţi îşi aveau rădăcinile în Africa; calibrarea timpului era discutabilă, iar probele lor biologice, de asemenea (multe dintre probele din Africa proveneau de fapt de la afroamericani).[9]

Ulterior s-au făcut studii similare privind modificările cromozomului Y întâlnit numai la bărbaţi. Diferitele analize menite să reconstituie ascendenţa patriliniară până la cromozomul Y al lui Adam au indicat o vechime de la 142.000 de ani[10] până la 100.000–60.000 de ani, în Africa.[11] Nu s-a explicat însă niciodată cum de au reuşit membrii unei mici populaţii de Adami cu cromozomul Y să fertilizeze membrele unei mici populaţii de Eve Mitocondriale care erau cu 58.000 până la 140.000 de ani mai bătrâne. Astfel de discrepanţe pun şi mai mult în discuţie analizele genetice (mai ales tehnica ceasului molecular) folosite pentru reconstituirea evoluţiei biologice, aşa cum am arătat în capitolul 24 (vezi pagina 392).

Speciile actuale

Paleoantropologii iau adesea în discuţie două tipuri de specii actuale pentru a deduce comportamentul strămoşilor noştri preistorici: cimpanzeii, deoarece din punct de vedere genetic sunt specia cea mai apropiată de omul modern, şi societăţile de vânători-culegători.

Mulţi cercetători asociază comportamentul agresiv al cimpanzeilor masculi adulţi cu caninii lor lungi, ascuţiţi şi proeminenţi şi presupun că dinţii homininilor, asemănători cu aceştia, implică un comportament asemănător. Totuşi, aşa cum am văzut mai înainte, presupunerea că dinţii cimpanzeilor au rămas neschimbaţi timp de 5 până la 7 milioane de ani, în vreme ce dinţii omului au evoluat, este foarte discutabilă.

Problema atribuirii comportamentului homininilor pe baza asemănărilor scheletice cu cimpanzeii actuali este foarte bine ilustrată de bonobo. În timp ce cimpanzeul comun, *Pan troglodytes*, trăieşte în pădurile din aproape întreaga zonă ecuatorială a Africii, bonobo, *Pan paniscus*, se găseşte numai în pădurile tropicale joase de la sud de fluviul Congo, în Republica Democrată Congo. Deşi sunt numiţi uneori cimpanzei pitici, există o suprapunere considerabilă de dimensiuni între indivizii celor două specii, care sunt foarte asemănători şi din punct de vedere genetic. Dacă s-ar dezgropa

un schelet complet, ar fi foarte dificil să stabileşti dacă aparţine unui cimpanzeu sau unui bonobo, şi imposibil, dacă s-ar găsi numai fragmente fosile. Totuşi, comportamentul lor diferă semnificativ.

Cimpanzeii mănâncă mai ales fructe şi frunze, dar ocazional vânează mamifere mici şi maimuţe. Trăiesc în comunităţi de 15 până la 100 de membri, dar obişnuiesc să culeagă hrana şi să vâneze în grupuri flexibile de 6 până la 10 indivizi. Fiecare comunitate este dominată de un mascul alfa, iar ceilalţi masculi adulţi formează o ierarhie liniară în care dominaţia este menţinută sau răsturnată prin demonstraţii de agresivitate sau agresivitate reală; toţi masculii adulţi sunt dominanţi faţă de femele, care formează şi ele o ierarhie socială a lor, mai complexă. Cimpanzeii masculi patrulează regulat la graniţele teritoriului şi se implică în atacuri sălbatice, adesea letale, împotriva comunităţilor învecinate.[12]

Spre deosebire de cimpanzei, bonobo sunt cu mult mai puţin agresivi. Şi ei îşi completează uneori dieta cu mamifere, dar nu vânează maimuţe, ci se joacă şi se purică cu ele. Spre deosebire de cimpanzei, la bonobo nu s-au observat comportamente de canibalism sau infanticid. Comunităţile lor sunt mult mai egalitare, conduse de obicei de femele; se angajează frecvent în toate tipurile de activităţi sexuale: heterosexuale, homosexuale, orale, anale. Folosesc sexul pentru a reduce tensiunile din cadrul comunităţii şi au mai puţine conflicte cu comunităţile învecinate de bonobo.[13]

În absenţa oricăror dovezi directe referitoare la comportamentul strămoşilor umani, pare rezonabilă deducerea acestuia din comportamentul comunităţilor actuale de vânători-culegători, cum sunt pigmeii aka şi bofi din bazinul fluviului Congo sau comunitatea pila nguru din Marele Deşert Victoria, situat în vestul Australiei. Totuşi, atunci când se folosesc astfel de dovezi trebuie luate în considerare două întrebări. În primul rând, în ce măsură a evoluat comportamentul lor din cel al strămoşilor lor de acum 10.000–15.000 de ani? În al doilea rând, cât de reprezentativi sunt strămoşii lor pentru vânătorii-culegători din acea perioadă? Indivizii umani manifestă abilităţi cu diverse grade de competenţă, reprezentate de obicei printr-o curbă în formă de clopot. De exemplu, referitor la intelect, Einstein şi alţi câţiva se află la o extremă a curbei, cei mai mulţi dintre noi ne situăm undeva în jurul nivelului mediu, iar un mic număr de oameni au un nivel intelectual scăzut. Aşa cum voi arăta în capitolul următor, putem să fim destul de siguri că majoritatea oamenilor vânători-culegători arhaici au inventat sau au adoptat invenţiile legate de agricultură, cu ajutorul căreia îşi îmbunătăţeau traiul. Vânătorii-culegători de astăzi reprezintă în jur de 2% din populaţia umană. Sunt ei oare descendenţii unor oameni arhaici care nu aveau abilitatea de a inventa sau de a adopta acest mod mai eficient de obţinere a hranei, sau le lipsea intuiţia de a migra în zone în care ar fi putut s-o facă?

Cu aceste rezerve legate de dovezi, voi încerca să rezum ce anume cunoaștem despre strămoșii noștri enumerați în figura 26.2.

Tribul de hominini

Paleontologul Michel Brunet susține că cele mai vechi resturi fosile de hominini constau într-un craniu spart și deformat, trei fragmente de mandibulă și câțiva dinți izolați, descoperite toate în 2001 într-un deșert din Chad, la 2.600 de kilometri vest de valea riftului est-african. El a clasificat aceste rămășițe drept o nouă specie, *Sahelanthropus tchadensis*, avansând teza discutabilă că această ființă avea un mers biped. Datarea indirectă a stabilit o vârstă de 7 milioane de ani, care depășește datările genetice acceptate, de 6.3 până la 5,4 milioane de ani, pentru cel mai vechi strămoș comun al oamenilor și cimpanzeilor, din care se presupune că provenim.[14] Totuși, revedeți pagina 392 pentru critica tehnicii datării moleculare și pagina 394 pentru gama largă de date la care s-ar fi produs diferențierea om–cimpanzeu, obținute de diverși cercetători folosind această tehnică.

Un alt candidat pentru poziția de hominin biped, în vârstă de aproximativ 6 milioane de ani, este *Orrorin tugenensis*, clasificat pe baza a trei fragmente de femur, un fragment de humerus, o parte dintr-o mandibulă, câțiva dinți izolați și oase de falange, găsite în patru situri din Tugen Hills, Kenya, în anul 2000.[15]

În 2009, o echipă internațională numeroasă, condusă de Tim White, de la Universitatea din California, Berkeley, a anunțat o descoperire mai substanțială în regiunea riftului Afar, din nord-estul Etiopiei. După 15 ani de reconstrucție din fragmente de oase și un craniu sfărâmat în bucățele de circa 4 cm, au obținut 110 specimene, incluzând un schelet parțial de femelă și bucăți din alți 35 de indivizi găsite în sedimente vechi de 4,4 milioane de ani.

Clasificat drept o nouă specie, *Ardipithecus ramidus* a trăit într-o zonă care era împădurită în acea vreme. Femela era scundă, de aproximativ 120 cm, și cântărea în jur de 50 kg – cu o capacitate craniană asemănătoare, conform estimărilor, cu cea a cimpanzeilor. În opinia unuia din membrii echipei, C. Owen Lovejoy, de la Kent State University, Ohio, spre deosebire de cimpanzei, care au picioarele scurte și brațele lungi, structurate astfel încât să-i ajute să se legene de pe o creangă pe alta, și cu mers patruped pe sol, *A. ramidus* se deplasa între crengi folosind mâinile și picioarele și avea un mers biped, chiar dacă nu atât de eficient ca al homininilor mai târzii. Din scheletul și dinții lor, echipa a tras concluzia că *A. ramidus* demonstrează că strămoșul comun al oamenilor și cimpanzeilor nu era asemănător cimpanzeilor, ale căror trăsături aparte au evoluat mai târziu pe o cale diferită de cea a oamenilor.[16] David Pilbream, de la Harvard, este unul dintre paleoantropologii sceptici în legătură cu această concluzie.

Echipa a mai descoperit în aceeași zonă și alte fosile, pe care le-a datat la o vechime de circa 5,5 milioane de ani, trăgând concluzia că este vorba de o specie mai timpurie a aceluiași gen, clasificată drept *Ardipithecus kadabba*.

Nu este clar în ce fel *Ardipithecus* se înrudește cu genul mai recent, *Australopithecus*, din care cea mai cunoscută specie este *Australopithecus afarensis* (Lucy). Australopitecinele sunt caracterizate printr-o postură complet erectă și mers biped, deși măsura în care toate speciile puteau să se deplaseze confortabil în două picioare pe pământ este un subiect de dispută. Totuși, cutia lor craniană este asemănătoare ca formă și dimensiune cu cea a cimpanzeilor, deși proporțional mai mare, dacă se ia în considerare dimensiunea corpului. Taxonomii *lumper* și *splitter* nu se pun de acord dacă e vorba de cinci sau opt sau mai multe specii de *Australopithecus*, cei mai mulți paleoantropologi susținând că este vorba de două specii robuste, *A. robustus* (Africa de Sud) și *A. bosei* (Africa de Est), și un gen diferit, *Paranthropus*, cum se poate vedea în figura 26.2.

Diferiți paleoantropologi afirmă că una sau mai multe specii de *Australopithecus* au evoluat către prima specie din genul *Homo* în urmă cu aproximativ două milioane de ani. În 2011, candidatul a fost *Australopithecus sediba*. Bazându-se pe două jumătăți de schelete bine conservate pe care le-a găsit în peștera Malapa din Africa de Sud, Lee Berger, de la Universitatea din Witwatersrand, a susținut împreună cu colegii săi că, deși *A. sediba* are brațe lungi și o cutie craniană mică, precum a australopitecinelor mai timpurii, dinții săi mici, mulajul intern al craniului, indicând prezența unui lob frontal mare, nasul proeminent, forma pelvisului, articulațiile gleznelor, degetele mari ale tălpilor lungi și celelalte degete scurte, precum și picioarele lungi seamănă mai mult cu tiparul uman. În continuare, au susținut că *A. sediba* este cel mai plauzibil strămoș al omului, posibil al lui *Homo erectus*. Analiza cu izotopi de uraniu a calcitului format de cursul de apă pe solul peșterii l-a datat la o vechime de 1,977 milioane de ani. Prin urmare, susține echipa lui Berger, acest fapt invalidează clasificarea vreunei specii mai timpurii drept oameni.[17]

Fred Spoor, de la University College London și Institutul Max Planck de Antropologie Evoluționistă din Leipzig, este unul dintre cei câțiva paleoantropologi care contestă această concluzie, argumentând, între altele, că analizele morfologice și comparațiile făcute de Berger și colegii săi sunt insuficiente pentru a le susține ipoteza; maxilarul lui *A. afarensis* din Hadar, Etiopia, este mult mai asemănător cu cel al omului decât cel al lui *A. sediba*, care l-a precedat cu 370.000 de ani, iar un interval de 80.000 de ani este insuficient pentru trecerea evolutivă de la *A. sediba* la o specie de *Homo*.[18]

Genul *Homo*

Relațiile ancestrale nu sunt mai limpezi nici în privința genului *Homo*. Cea mai timpurie specie este considerată *Homo habilis*, ale cărui fosile din Kenia și Tanzania sunt datate la 1,9 până la 1,5 milioane de ani; unele dintre ele au fost găsite împreună cu unelte de piatră extrem de primitive numite Oldowan (vezi mai departe); unelte asemănătoare au fost datate la aproximativ 2,6 milioane de ani vechime. Un craniu reconstruit și redatat la 1,9 milioane de ani este considerat fie o variantă de *H. habilis*, fie o specie separată, *H. rudolfensis*. Descoperirea din 2012 a unei fețe și a două mandibule cu dinți, datate la 1,78–1,95 milioane de ani vechime, au condus la concluzia că *H. rudolfensis* era într-adevăr o specie separată.[19]

S-ar putea ca oricare sau nici una din cele trei specii, *Homo habilis*, *Homo rudolfensis* sau *Homo ergaster*, să fi fost strămoșul lui *Homo erectus*, și ca oricare sau nici una dintre ele să fi fost strămoșul lui *Homo heidelbergensis*, *Homo neanderthalensis* și *Homo sapiens*, tot așa cum *H. heidelbergensis* s-ar putea sa fi fost sau nu strămoșul vreunuia dintre cei doi, *H. neanderthalensis* și *H. sapiens*, sau al amândurora.

Neanderthalienii

Anatomic, neanderthalienii se deosebesc de oameni prin aceea că sunt mai scunzi, dar mai puternici. Capacitatea cranianã a adultului neanderthalian este în medie de 1.400 cc, mai mare decât cea a lui *Homo sapiens* actual, dar raportul între creier și dimensiunea corpului este puțin mai mic; principalele deosebiri în privința structurii craniului sunt enumerate în tabelul 26.3.

Tabelul 26.3 Diferențe între craniul de neanderthalian și cel al omului modern.

Neanderthalian	Omul modern
Arcada sprâncenoasă mare.	Arcada sprâncenoasă redusă.
Bărbia și fruntea înclinate spre spate.	Frunte dreaptă, bărbie osoasă.
Creasta occipitală mare și dințată în spatele craniului.	Craniu înalt, rotunjit.

Fruntea înclinată spre spate a fost interpretată ca un indiciu al faptului că neanderthalienii aveau un creier anterior – zona în care sunt procesate funcțiile cognitive – mai puțin dezvoltat decât omul.

În timp ce analiza ADN-ului mitocondrial a apreciat la 500.000 de ani data separării dintre neanderthalieni și liniile de descendență ale omului modern, analiza ADN-ului lor nuclear a sugerat că această despărțire s-a petrecut cu 440.000 până la 270.000 de ani în urmă.[20]

Rămășițe atribuite lui *Homo neanderthalensis* au fost găsite în situri din Europa, în vestul Asiei, în Asia Centrală, până în Uzbekistan, și în sud, până

în Orientul Mijlociu. Ele au fost datate la 400.000 până la 30.000 de ani, ceea ce înseamnă că neanderthalienii s-au suprapus în timp cu *Homo sapiens* vreme de cel puțin 10.000 de ani. Faptul că au avut loc suprapuneri geografice a reieșit și din schița genomului neanderthalian menționată anterior. Analiza ADN-ului nuclear extras din trei oase ale unor indivizi diferiți găsiți în peștera Vindija din Croația indică faptul că oamenii au între 1 și 4% gene de neanderthalieni, ceea ce sugerează că au avut loc împerecheri limitate între cele două specii.[21]

Uneltele de piatră asociate cu omul de Neanderthal includ răzuitoare, topoare de mână triunghiulare, bifațetate, vârfuri triunghiulare făcute din așchii, care sugerează folosirea sulițelor, mai curând pentru împungere decât pentru aruncare, și dălți sau unelte cu vârf pentru perforare, dar nu și unelte de os, cum ar fi acele de cusut.[22]

În 2010, João Zilhão și colegii săi de la Universitatea din Bristol au susținut că în două situri neanderthaliene erodate din provincia Murcia, din sud-estul Spaniei, se găseau valve de scoici marine perforate și vopsite cu pigment, servind probabil ca podoabe pentru corp. În oricare alt sit acestea ar fi considerate semne ale unui nivel înalt de conștiință, dacă nu chiar de conștiință reflexivă, și s-ar presupune că sunt produse de om. Totuși, Zilhão susține că aceste scoici sunt vechi de „aproximativ 50.000 de ani". Ele reprezintă „dovezi sigure că [...] cu 10 milenii înainte ca existența primilor oameni moderni să fie înregistrată în Europa comportamentul neanderthalienilor era organizat simbolic". În fapt, informațiile suplimentare din lucrarea sa prezintă o listă de datări cu carbon ale celor cinci scoici dintr-un sit, care variază de la 38.150 ± 360 de ani până la 45.150 ± 650 de ani, și ale altor patru specimene de cărbune de lemn dintr-un alt sit, care variază de la 98 ± 23 ani până la 39.650 ± 550 de ani vechime.[23] Aceste datări contrazic vârsta pretinsă de 50.000 de ani.

Cei mai mulți paleoantropologi subliniază lipsa unor dovezi ferme în privința simbolurilor, a obiectelor de artă și a altor semne de conștiință reflexivă în siturile de neanderthalieni, comparativ cu prezența lor foarte răspândită în siturile umane, și conchid că neanderthalienii erau inferiori primilor oameni din punct de vedere cognitiv.

În absența unor dovezi credibile, dispariția neanderthalienilor, cu aproximativ 30.000 de ani în urmă, este mai mult o speculație decât o ipoteză. Paleoantropologii sugerează, printre altele, că: spre deosebire de oameni, neanderthalienii nu s-au putut adapta la schimbările climatice rapide din acea vreme; s-au încrucișat cu oamenii și au fost asimilați de aceștia; au contactat boli specifice oamenilor, pentru care nu erau pregătiți imunitar; au fost uciși de oameni.

Hobiții

În 1994, o echipă mixtă australiano-indoneziană a reconstruit oase fosilizate găsite într-o peșteră din insula indoneziană Flores, obținând un schelet parțial de adult înalt de un metru, cu brațe lungi, frunte joasă și fără bărbie. Au estimat capacitatea cranianã la 380 cc, asemănătoare cu cea a celor mai mici australopitecine și mai mică decât cea a unui cimpanzeu de mărime medie; totuși situl era asociat cu unelte de piatră și posibil o vatră, împreună cu rămășițe de stegodon asemănător unui elefant pitic, care probabil că fusese vânat.

Echipa a tras concluzia că această creatură se trage din *Homo erectus*, despre care se crede că ar fi ajuns în această regiune în urmă cu circa un milion de ani. Pe această insulă izolată, fără competitori și cu hrană limitată, acești hominini au devenit pitici, ca și stegodonul. (De fapt, insula Flores are și rămășițe de șobolani enormi, șopârle mari și broaște țestoase gigantice, astfel încât nu este clar de ce unele specii s-ar fi micșorat, în timp ce altele ar fi devenit neobișnuit de mari.) Ei au clasificat această descoperire drept o nouă specie umană, sub numele de *Homo floresiensis*, poreclit hobit, care a stârnit o publicitate internațională și în același timp controverse printre paleoantropologi.[24] Au fost descoperite mai multe rămășițe aparținând unui număr de șase până la nouă indivizi, în funcție de modul în care se face reconstrucția, cu o vechime de 17.000 până la 95.000 de ani.

În 2009, Peter Brown, de la Universitatea din New England, membru al echipei care a desemnat inițial creatura drept *Homo floresiensis*, și-a reconsiderat această primă clasificare. Mai mult decât atât, a susținut că cercetări ulterioare au arătat că *Homo erectus* asiatic nu era strămoșul hobiților, ale căror caracteristici aveau mai multe în comun cu australopitecinele decât cu fosilele vechi de 1,75 milioane de ani din Dmanisi, Georgia, reprezentând, după cât se știe până în prezent, prima specie de *Homo* din afara Africii.[25]

Denisovanii

În 2010 o echipă internațională condusă de Svante Pääbo, de la Institutul Max Planck de Antropologie Evoluționistă, a anunțat că identificaseră o nouă populație hominină, nu pe baza unor fosile, ci doar pornind de la dovezi genetice. Extrăseseră ADN-ul dintr-o falangă descoperită în peștera Denisova, din sudul Siberiei, care, prin uneltele existente în sit, indică faptul că ar fi fost ocupată de *Homo* cu până la 280.000 de ani în urmă. Osul a fost găsit într-un strat geologic cu vârsta între 50.000 și 30.000 de ani, care conținuse înainte lame mici de piatră și pietre șlefuite, caracteristice paleoliticului superior, precum și unelte mai puțin rafinate caracteristice mai degrabă paleoliticului de mijloc, ducând la speculația că peștera ar fi fost ocupată atât de neanderthalieni, cât și de oameni moderni, la un moment sau altul.

Analiza ADN-ului mitocondrial (ADNmt) a arătat că respectivul individ făcea parte dintr-un grup pe care l-au numit denisovan, care se desprinsese din linia comună de descendență ce ducea către oamenii moderni și neanderthalieni, cu aproximativ un milion de ani în urmă, adică de două ori mai vechi decât momentul separării dintre neanderthalieni și oamenii moderni, astfel încât era o specie mai timpurie. S-a arătat de asemenea că genomul denisovan diferă de cel al omului modern de două ori mai mult decât diferă genomul neanderthalian.

Totuși, analizele ulterioare de ADN nuclear, bazate pe mai multe supoziții, inclusiv data la care s-a produs ramificarea om–cimpanzeu, indică faptul că individul respectiv avea aceeași origine cu neanderthalienii, plasată în urmă cu aproximativ 640.000 de ani, și că genomul denisovan diferă de cel al oamenilor moderni cam în aceeași proporție ca genomul neanderthalian. Echipa lui Pääbo a folosit analiza ADNmt a unui dinte care nu seamănă nici cu molarii umani, nici cu cei neanderthalieni, sugerând că denisovanii au avut o istorie populațională separată. În special, denisovanii nu au contribuit la genomul oamenilor eurasiatici, așa cum a făcut-o omul de Neanderthal; în schimb au contribuit cu 4 până la 6% din genomul lor la cel al melanezienilor de astăzi, dar nu și al altor populații din estul Asiei, mai apropiate geografic de Denisova, precum chinezii han sau mongolii.

Echipa nu i-a încadrat pe denisovani sau neanderthalieni într-o clasificare taxonomică specifică. Ei au interpretat aceste rezultate genetice bazate pe degetul și dintele din Denisova ca o dovadă că în Eurasia au existat cel puțin două forme arhaice de hominini în pleistocenul târziu (cu 125.000 până la 10.000 de ani în urmă): neanderthalienii, care erau foarte răspândiți în estul Eurasiei, și denisovanii, răspândiți în vestul Asiei; au avut, și unii, și ceilalți, încrucișări limitate, dar separate în timp, cu *Homo sapiens*.[26]

CELE MAI VECHI URME ALE SPECIEI *HOMO SAPIENS*

Tim White și colegii săi de la Universitatea din California, Berkeley, au afirmat în 2003 că cele mai timpurii fosile care seamănă cel mai mult cu oamenii moderni sunt trei cranii descoperite la Herto Bouri, în Triunghiul Afar din Etiopia, datate radioizotopic la o vechime de 160.000 până la 154.000 de ani. Nu le-au clasificat drept specimene pe deplin dezvoltate de oameni moderni, definindu-le drept o subspecie, *Homo sapiens idaltus*, care, în opinia lor, reprezintă cel mai probabil strămoșul nostru direct.[27]

În 2008, John Fleagle, de la Universitatea Stonybrook din New York, a redatat de la 130.000 la 196.000 de ani cele două specimene descoperite de Richard Leakey în 1967 în Kibish, Etiopia, lângă râul Omo. El a făcut afirmația controversată că primul specimen, numit Omo 1, constând într-un sche-

let parțial și fragmente de față și mandibulă, a fost cea mai veche fosilă umană. Al doilea, Omo 2, constând într-un craniu fără față, era mai primitiv.[28]

Fie că este sau nu validă, această afirmație se referă doar la anatomia relativă, nu și la caracteristica unică a conștiinței reflexive. Pentru aceasta din urmă trebuie să găsim dovezi ale facultăților secundare pe care le transformă sau le generează.

Uneltele

Mai înainte am sugerat că înțelegerea combinată cu inventivitatea, previziunea și imaginația conduce la confecționarea unor unelte compuse specializate. În general, arheologii au clasificat uneltele de piatră după tradiție sau mod de fabricare, numindu-le după locul unde a fost studiată prima dată o anume colecție de astfel de unelte, deși se folosesc și alte clasificări, precum cele regionale sau Modurile I–V. Nu doar clasificarea uneltelor s-a schimbat și continuă să se schimbe, ci și perioadele culturale caracterizate de diverse tipuri de unelte. Epoca pietrei în Europa a fost inițial împărțită în două, paleolitic sau epoca veche a pietrei, și neolitic sau epoca nouă a pietrei. Paleoliticul a fost mai târziu împărțit în trei mari etape, inferior, mijlociu și superior, iar mezoliticul a fost mai apoi inserat între paleoliticul superior și neolitic.

Paleoliticul inferior (numit și epoca timpurie a pietrei din Africa subsahariană) începe cu cele mai vechi unelte de piatră recognoscibile ca atare, numite oldowan, după defileul Olduvai din Tanzania, și constau în așchii de piatră obținute prin lovire. Se presupune că așchiile au fost folosite pentru răzuire, iar pietrele ciobite, pentru zdrobire. Foarte probabil că înainte homininii foloseau pietre neciobite pentru zdrobire, așa cum s-a observat că fac și unii cimpanzei, dar acestea ar fi foarte greu de deosebit de restul pietrelor. Cele mai vechi unelte din perioada oldowan provin din Gona, Etiopia, și au o vârstă de aproximativ 2,6 milioane de ani.[29] Următoarea dezvoltare semnificativă, veche de aproximativ 1,7 milioane de ani, este aceea a uneltelor din acheulean, numită astfel după localitatea Saint-Acheul din nordul Franței. Aici așchiile au fost îndepărtate de pe două fețe ale pietrelor pentru a produce topoare de mână de formă piriformă și vârfuri. Astfel de unelte bifațetate au fost găsite în situri din Europa, Africa și Orientul Mijlociu, India și Asia, pe întreaga durată a paleoliticului inferior, care se încheie cu aproximativ 180.000 de ani în urmă în Europa și cu 150.000 de ani în urmă în Africa[30] și reprezintă mai mult de 93% din durata arheologiei.

Este dificil să vezi dovezi ale conștiinței reflexive în unelte atât de primitive cum sunt cele de tip olduwan și acheulean, care s-au dezvoltat timp de aproape 2,5 milioane de ani. De atunci, rata perfecționării uneltelor, reflectând nivelul de conștiință al producătorului, a crescut continuu.

Nu se știe exact când au apărut primele unelte compuse specializate. S-a spus că fragmentele și vârfurile de piatră găsite la Twin River, în Zambia, erau destinate fixării pe mânere de lemn și datează de acum 260.000 de ani.[31] Kyle Brown, doctorand la Universitatea din Cape Town, afirma în 2009 că unelte din aşchii de silcret se pot confecționa numai după încălzirea prealabilă a materialului (o crustă silicioasă dură de tipul cimentului), pentru îmbunătățirea proprietăților aşchiilor și un aspect lucios. Astfel de unelte de silcret se găsesc în multe situri cu o vechime de circa 72.000 de ani și apar acum 164.000 de ani în Pinnacle Point, de pe coasta sudică a Africii de Sud.[32] Dacă silcretul era copt câteva ore înainte de a fi cioplit, acesta ar fi semnul unui nivel înalt de cogniție și inventivitate.

Uneltele de piatră tot mai rafinate caracterizează paleoliticul de mijloc și perioada de trecere spre paleoliticul superior. Printre ele se numără aşchii de cremene lungi și bifațetate, despre care se presupune că erau ca niște cuțite, și aşchii triunghiulare subțiri de diferite dimensiuni, care probabil foloseau drept vârfuri de săgeți sau sulițe, unelte compuse folosite pentru uciderea de la distanță. În mai multe situri din paleoliticul superior din Europa s-au găsit unelte precum harpoane cu țepi și sule cu vârful ascuțit, împreună cu ace făcute din fildeș de mamut sau cerb, care sugerează folosirea pieilor de animale prinse laolaltă cu bucăți de intestine și folosite drept îmbrăcăminte sau corturi. În Europa, paleoliticul superior se termină în urmă cu aproximativ 10.000 de ani, odată cu începutul mezoliticului, caracterizat prin unelte compuse mici cunoscute sub numele de microlite, anterioare uneltelor caracteristice societăților care lucrează pământul și prelucrează metalele.

În Africa subsahariană perioada aproximativ echivalentă paleoliticului superior și mezoliticului este denumită epoca târzie a pietrei, a cărei durată variază considerabil de la o regiune la alta. Confecționarea de unelte caracteristice acestei epoci persistă la comunitățile actuale de vânători-culegători din anumite zone ale Africii, ca și în unele păduri ecuatoriale din America de Sud.

Folosirea controlată a focului

Este deosebit de dificil de stabilit când a fost folosit pentru prima dată focul controlat, estimările variind între 2 și 1,7 milioane de ani. Dovezi ale creativității și inventării de metode pentru a produce și folosi focul pentru încălzire, prepararea hranei și alungarea prădătorilor s-au găsit în Africa de Sud sub forma unor oase arse cu o vârstă de la 200.000 până la 700.000 de ani.[33]

Simboluri și ornamente

Cea mai veche dovadă a folosirii simbolurilor și a capacității de exprimare artistică s-a găsit în Africa. La diferite niveluri ale peșterii Blombos, de pe

coasta sudică a oraşului Cape Town din Africa de Sud, datată la cel puţin 100.000–75.000 de ani, s-au găsit nu numai forme noi de vârfuri de piatră îngrijit modelate şi unelte de os, dar şi bucăţi de ocru gravate cu modele abstracte şi scoici perforate, dintre care unele erau colorate cu ocru.[34]

Acestea din urmă, folosite probabil ca podoabe de tipul colierelor, s-au găsit şi în siturile Qafzeh şi Skhul din Israel, Oued Djebbana din Algeria şi Taforalt din Maroc. Datarea este problematică, dar s-a estimat că cele din Maroc datează de acum 85.000–80.000 de ani, în timp ce stratul din Skhul, Israel, ar avea o vechime cuprinsă între 135.000 şi 100.000 de ani.[35]

Astfel de obiecte simbolice demonstrează capacitatea de gândire, imaginaţie, creativitate şi abstractizare.

Schimburi comerciale?

Trei dintre siturile din Maroc cu scoici perforate se găsesc la 40–60 de kilometri în interiorul regiunii, în timp ce situl algerian se află la 190 de kilometri depărtare de mare. Francesco d'Errico şi colegii săi au tras concluzia că aceste ornamente erau făcute şi tranzacţionate de triburile care trăiau pe coasta Mediteranei.[36] Localizarea scoicilor perforate poate fi explicată şi prin migrarea triburilor de pe coastă spre zone mai adăpostite sau care asigurau un acces mai uşor la hrană, iar aceste triburi îşi luau ornamentele cu ele. *Dacă* este vorba de o tranzacţionare de bunuri, atunci acest lucru ar dovedi previziune, creativitate şi voinţă; ar demonstra de asemenea cooperare, diferită de colectivizare, şi ar presupune existenţa unui limbaj, oricât de rudimentar.

Traversarea mării

Se pare că oamenii au ajuns în Australia prin defileul Deaf Adder din Northern Territory, în urmă cu 60.000 până la 53.000 de ani.[37] În nici una dintre perioadele glaciare nivelul oceanelor nu a scăzut atât de mult încât să dezvelească poduri de uscat între Asia şi Australia, şi s-a estimat că această migraţie implica traversarea a cel puţin 100 de kilometri în ape deschise.[38] O astfel de performanţă necesită un nivel înalt de înţelegere, previziune şi voinţă de a planifica şi a naviga pe mare, împreună cu niveluri corespunzătoare de creativitate şi inventivitate pentru a concepe şi a construi o plută sau o barcă adecvată. E mai mult ca sigur că succesul întregii operaţiuni depindea de cooperare, fapt susţinut de ceea ce cunoaştem despre organizarea socială a triburilor de aborigeni descendenţi ai acestora, iar cooperarea necesita cel mai probabil folosirea limbajului.

Ritualurile de înmormântare şi incinerare

În opinia lui Chris Stringer, de la Muzeul de Istorie Naturală al Marii Britanii, cel mai vechi mormânt simbolic cunoscut datează de acum 115.000 de

ani. Este situat în peștera Skhul din Israel și adăpostește un om modern timpuriu ținând în mâini o mandibulă mare de vier sălbatic.[39]

James Bowler, de la Universitatea din Melbourne, și colegii săi susțin că noile tehnici de datare situează cele mai vechi înmormântări ritualice în care s-a folosit ocru și primele incinerări acum 40.000 ± 2.000 de ani la Lake Mungo, în regiunea de vest din New South Wales.[40]

Astfel de ritualuri sugerează un nivel înalt de înțelegere, imaginație și, foarte probabil, credință.

Picturi, figurine și fluiere

În 1994, Jean-Marie Chauvet și doi colegi de-ai lui au descoperit o serie de imagini spectaculoase pe pereții unei peșteri dintr-un masiv ce străjuiește râul Ardèche din sudul Franței. Printre acestea se numără patru capete de cai, desenați cu umbre și perspectivă, împreună cu reprezentări sofisticate a doi rinoceri cu coarnele încleștate, lei vânând o turmă de bizoni, urși de peșteră și alte animale. Cele mai multe erau desenate cu o bucată de cărbune sau pictate cu pigment roșu cu ajutorul unei pensule sau cu degetul.

Nu au fost identificate rămășițe umane, dar s-au găsit oase de la mai mult de 190 de urși de peșteră, inclusiv un craniu așezat pe o piatră mare și plată. Aceste descoperiri au sugerat că peștera ar fi fost un loc de ceremonial mai curând decât o locuință, folosit probabil pentru invocarea spiritelor animalelor puternice, pentru succesul la vânătoare.

Au fost făcute peste 80 de datări cu carbon ale urmelor de torțe și picturilor de pe pereți, precum și ale oaselor de animale și bucăților de cărbune împrăștiate pe solul peșterii, obținându-se o cronologie detaliată a ceea ce astăzi se numește peștera Chauvet. Datele arată că picturile au fost făcute în două perioade separate, una acum 35.000 de ani și cealaltă acum 30.000 de ani, fiind astfel cele mai vechi picturi rupestre.[41]

Unii paleoantropologi au contestat aceste datări, mai ales din cauza caracterului foarte sofisticat al picturilor, și au sugerat că probele au fost contaminate sau bucățile de cărbune proveneau dintr-o perioadă mai târzie, dar tehnicile de datare au fost ferm apărate.[42] S-ar putea ca aceste picturi să nu fie cele mai vechi. O echipă italiană care a făcut cercetări în peștera Fumane, de lângă Verona, a stabilit că mai multe fragmente de piatră gravate cu imaginea unui animal și unul înfățișând o creatură jumătate umană, jumătate animală au o vechime cuprinsă între 32.000 și 36.500 de ani, deși aceste fragmente nu făceau parte din peretele peșterii.[43]

În Franța și în Spania au fost descoperite aproape 350 de peșteri care conțin artă preistorică. Cele mai faimoase se găsesc în Lascaux, într-o peșteră situată pe creasta unui deal din regiunea Dordogne, din sudul Franței. Acest mare complex conține în jur de 600 de imagini pe tavan și pereți, fă-

cute cu cărbune și o serie de pigmenți minerali, iar unele au fost săpate în stâncă. Înălțimea multora dintre ele sugerează că, probabil, a fost ridicată o schelă pentru pictori, ceea ce implică atât cooperare, cât și, foarte probabil, limbaj.

La fel ca picturile din alte peșteri din vestul Europei, picturile din Lascaux înfățișează animale sălbatice de mari dimensiuni, precum bizoni, cai, bouri și cerbi; unul dintre animale a fost numit unicorn, dar s-ar putea să fie tot un cal cu o suliță înfiptă în cap. Pereții peșterii sunt de asemenea ornați cu amprente de mâini de om și cu modele abstracte din dâre făcute cu degetul. Datările recente cu carbon identifică diverse vârste ale imaginilor, cea mai veche fiind estimată la 18.900–18.600 de ani.[44]

Figurile umane sunt rare în pictura rupestră și, acolo unde apar, par să fie jumătate om-jumătate animal, ceea ce dovedește și prezența imaginației, nu numai a reprezentării; e posibil să fie vorba de oameni care poartă podoabe de cap provenite de la lei sau vulturi sau alți prădători puternici. În orice caz, ele constituie o dovadă a credinței, probabil în spirite animale, a căror intervenție era invocată de șamani.

Dovezile pentru astfel de credințe și pentru imaginație sunt întărite de descoperirea unor fragmente de colți de mamut în fundul peșterii Stadel din masivul Hohlenstein, în sud-vestul Germaniei. Prin asamblarea acestor fragmente, recent datate cu carbon la aproximativ 40.000 de ani, a rezultat un om spectaculos de detaliat, cu o înălțime de 30 cm și cap de leu de peșteră. Un om cu cap de leu, de dimensiuni mult mai mici (2,5 cm înălțime), tot din fildeș de mamut, a fost găsit în peștera Hohle Fels, la 40 km sud-est de Hohlenstein-Stadel.

În aceeași regiune din Germania s-au găsit mai multe figurine cu o vechime de 30.000–35.000 de ani în straturi arheologice bogate în unelte de piatră. Printre ele se numără o figurină din fildeș de mamut reprezentând o femeie fără cap și fără picioare, cu sâni, coapse și vulvă exagerat de mari. Cioplitorul a omis deliberat capul și l-a înlocuit cu un mic inel de fildeș de care probabil că era suspendată figurina. Astfel de figurine, mai mici de 10 cm, s-au găsit și în alte locuri din Europa. Unele reprezintă animale, multe altele reprezintă femei în toate stadiile vieții fertile: nubile, gravide sau născând. Chiar dacă unele dintre aceste femei poartă coliere sau brâuri, aproape toate sunt nude, cu toate că în epoca de gheață oamenii purtau îmbrăcăminte din piei de animale. Multe dintre aceste femei au sâni și coapse mari, într-o vreme în care o asemenea morfologie era probabil rară (rămășițele scheletice sugerează că oamenii erau slabi, având în vedere că parcurgeau distanțe mari, cărau greutăți și sufereau adesea de malnutriție). Detaliile se concentrează în mai mare măsură pe trupul gol decât pe mâini, picioare sau față, care deseori lipsesc, ceea ce sugerează că ar fi vorba de simboluri ale fertilității. Multe au

câte o perforație și au fost folosite ca talismane purtate la gât. În societățile de vânători-culegători de astăzi, bărbații nu iau parte în nici un fel la momentul nașterii și deci este posibil ca multe dintre aceste figurine să fi fost sculptate chiar de femei.[45]

În trei dintre siturile din Germania datând aproximativ din aceeași perioadă s-au găsit și cele mai vechi instrumente muzicale cunoscute. Patru fluiere făcute din oase din aripi de lebădă sau de vultur, cu găuri săpate la intervale regulate de-a lungul lor; cel mai complet a fost găsit la 70 de centimetri de figurina reprezentând femeia fără cap și fără picioare.

Un fluier făcut din colț de mamut, reconstituit din 31 de fragmente găsite în peștera Geißenklösterlen, de lângă Ulm, dovedește și mai multă inventivitate, imaginație, creativitate și judecată. În loc să folosească un os de pasăre, gol pe dinăuntru, cel care l-a confecționat a trebuit să desfacă în două jumătăți colțul curbat de mamut, fără a-l strica, să scobească fiecare jumătate, să facă trei găuri de-a lungul lor și apoi să le reunească fără să rămână deschizături prin care să treacă aerul.[46]

Mulți arheologi consideră încă astfel de dovezi de artă reprezentațională, imaginativă și simbolică din paleoliticul superior, constând în podoabe, sculpturi, picturi, unelte decorate și instrumente muzicale drept un fenomen propriu Europei occidentale. Așa cum scria în 2008 Colin Renfrew, de la Institutul McDonald pentru Cercetări Arheologice al Universității Cambridge:

> Este important să ne amintim că ceea ce se numește adesea artă rupestră – peșterile pictate, figurinele „Venus" frumos sculptate – au fost restrânse în paleolitic (adică în perioada climatică a pleistocenului) la o singură direcție de dezvoltare, localizată în Europa de Vest.[47]

Însă nu este nici pe departe așa. După cum am spus mai înainte, la diverse niveluri ale peșterii Blombos din Africa de Sud, datând de cel puțin 100.000–75.000 de ani, s-au găsit bucăți de ocru pictate cu simboluri. Picturi de o complexitate comparabilă cu a exemplelor vest-europene s-au găsit și pe șapte lespezi de piatră aduse în peștera Apollo 11 din munții Huns, în sud-vestul Namibiei, datate la 25.500–23.500 de ani. Pictura pe pereții de stâncă, cu materiale asemănătoare, este întâlnită până în ziua de azi în anumite zone tribale, doar că expunerea directă la condițiile climatice le face mai puțin durabile.[48] Picturi pe stâncă au fost găsite în Australia. De exemplu, o pictură în ocru roșu descoperită în 2010 în centrul platoului Arnhem Land înfățișează două păsări asemănătoare păsărilor Emu, cu gâtul întins; s-a spus că ar face parte din genul *Genyornis*, păsări gigantice care ar fi dispărut cu mai mult de 40.000 de ani în urmă.[49] Patru grupuri de adăposturi de piatră din extremitatea sudică a platoului central al Indiei conțin picturi ase-

mănătoare cu multe dintre picturile europene. Nu s-a făcut o datare cu cele mai recente tehnici, dar se crede că sunt vechi de aproximativ 12.000 de ani; membrii triburilor locale încă mai pictează pe pereții stâncoși.[50]

Aceste descoperiri lasă impresia că numărul mult mai mare de produse artistice preistorice din Europa de Vest se poate datora mai curând efortului depus în descoperirea și analiza lor și condițiilor mai favorabile de conservare decât faptului că ar fi un fenomen unic pentru omul arhaic din Europa. Sunt necesare tehnici de datare mai riguroasă pentru a determina dacă aceste creații artistice din Africa, Asia și Australia sunt mai vechi, contemporane sau mai noi, comparativ cu cele europene.

Limbajul

Membrii multor specii cu un nivel înalt de conștiință folosesc sunete și gesturi pentru a avertiza, a amenința, a comunica teama, plăcerea și alte emoții atât altor membri ai propriului grup, cât și altor specii. Totuși, conștiința reflexivă este cea care transformă comunicarea în limbaj, pe care îl definesc astfel:

> **limbaj** Comunicarea unor trăiri, narațiuni, explicații sau idei printr-o structură complexă, învățată, de simboluri orale sau scrise sau sub formă de semne care transmite un înțeles în cultura în care este folosită.

Capacitatea unică a limbajului de a transmite experiențe și idei nu numai altor membri în viață ai speciei umane, dar și generațiilor succesive, care astfel beneficiază de înțelepciunea acumulată, a dus la o înflorire rapidă a conștiinței reflexive.

E greu de stabilit când anume a apărut limbajul. Unii cercetători susțin că aria lui Broca din creier reprezintă dovada vorbirii, bazându-se pe faptul că, dacă această arie este lezată, persoana respectivă pierde abilitatea de a vorbi. Prezența ariei lui Broca poate fi identificată prin relieful interior al cutiei craniene. Totuși, unii cimpanzei au o arie a lui Broca proeminentă, deși nici unul nu este capabil să pronunțe nici cea mai simplă propoziție, cu toate că s-au făcut multe eforturi pentru a-i învăța limbajul uman.

Alții consideră că gena FOXP2 indică o capacitate de vorbire, deoarece unele mutații ale acestei gene reglatoare sunt asociate cu dificultăți de articulare însoțite de tulburări lingvistice și gramaticale. Proteina FOXP2 a neanderthalienilor este identică cu cea a omului, cea a cimpanzeilor diferă prin numai doi aminoacizi, iar a șoarecilor, prin trei aminoacizi. Svante Pääbo și colegii săi de la Institutul Max Planck de Antropologie Evoluționistă speculează că versiunea umană care conferă vorbirea articulată s-a selectat după separarea om–cimpanzeu.[51] Totuși, gena FOXP2 reglează un mare număr de gene și este implicată în dezvoltarea țesutului neuronal, dar

și a țesutului pulmonar și intestinal.[52] Personal, nu cred că varianta umană a genei FOXP2 este o dovadă elocventă a vorbirii.

Singura dovadă certă a limbajului este dată de înscrisuri, dar cum am putea să detectăm folosirea limbajului în preistorie? Eu cred că poate fi detectată pornind de la acele lucruri pe baza cărora a evoluat scrisul.

Cei mai mulți cercetători în domeniul lingvisticii consideră că formele cele mai vechi de scriere au fost scrierea cuneiformă, gravată pe tăblițe de lut acum aproximativ 5.000 de ani în Sumer, Mesopotamia, și scrierea hieroglifică egipteană, gravată în piatră și datând cam din aceeași perioadă. Acestea au evoluat din protoscriere – distincția este neclară –, alcătuită din simboluri abstracte prin care erau înregistrate cantitățile de bunuri, cum ar fi grânele, tranzacționate sau date ca tribut sau taxă. Acestea, la rândul lor, s-au dezvoltat din simboluri pictoriale a căror origine se află probabil în imaginile și simbolurile pictate, ca și în simbolurile săpate în ocru, așa cum am spus înainte.

Multe scrieri timpurii relatează despre faptele conducătorilor și ale strămoșilor lor sau despre zei sau spirite, care probabil fuseseră transmise oral de un bătrân sau un povestitor din vremuri străvechi. Pare de asemenea rezonabil să presupunem că simbolurile pictate sau gravate, deși simple, coexistau cu vorbirea, iar apoi s-au dezvoltat, devenind mai sofisticate. Am sugerat de asemenea că anumite realizări, precum migrarea unui grup de oameni la 100 de kilometri depărtare peste ocean sau schimbul de bunuri, necesită existența limbajului.

Deși orice dovadă a existenței limbajului în timpuri preistorice este inevitabil indirectă, totul sugerează că limbajul oral a apărut în paleoliticul superior.

CUM S-A ÎNCHEIAT APARIȚIA OMULUI

O combinație de dovezi disponibile arată că apariția omului s-a încheiat la sfârșitul paleoliticului superior (epoca târzie a pietrei în Africa) și cel mai probabil și mai înainte. Primele licăriri de conștiință reflexivă apar ca manifestări diverse ale unor facultăți secundare noi sau radical transformate, în locuri și perioade diferite, asemenea bulelor de abur ce apar în momente diferite într-o parte sau alta a unui vas cu apă care fierbe. La suprafață unele bule se pot condensa transformându-se înapoi în lichid. Dar deasupra acestei suprafețe de tranziție, deși moleculele de apă pot avea aceeași temperatură de 100° Celsius ca și cele care formează lichidul de dedesubt, ele sunt neîndoielnic gaz: a apărut o schimbare de fază. Tot așa, conștiința a intrat într-o nouă fază, reflexivă, care indică prezența lui *Homo sapiens*.

IPOTEZE EXPLICATIVE[53]

Numărul scăzut de dovezi și problemele de interpretare au dat naștere multor ipoteze care încearcă să explice acest fenomen. Ele pot fi grupate în șase categorii, unele complementare, altele contradictorii. Toate atestă că a existat un val de migrație a lui *Homo erectus* din Africa spre Orientul Mijlociu, Asia și Europa în urmă cu aproximativ 1,7 milioane de ani.

Modelul multiregional

Susținut de Milford Wolpoff și de alții, modelul multiregional afirmă că grupuri de *Homo erectus* au ajuns în China, Indonezia și probabil și în Europa acum un milion de ani. Ei s-au adaptat la condițiile de mediu din diversele regiuni și au evoluat în oameni moderni ale căror diferențe rasiale reflectă aceste medii diferite. Unitatea oamenilor ca specie a fost menținută prin încrucișări între membrii diferitelor grupuri regionale.

Înlocuirea sau modelul originii africane recente

Chris Stringer și alții au susținut inițial că membrii răspândiți ai speciei *Homo erectus* au dispărut sau au evoluat în specii succesoare, precum *Homo neanderthalensis* în partea de vest a Eurasiei; totuși, numai în Africa, probabil într-o zonă restrânsă, favorabilă, cum ar fi estul Africii, au evoluat în *Homo sapiens*, în urmă cu aproximativ 130.000 de ani.

Unele grupuri de *Homo sapiens* au migrat în Israel și în Orientul Mijlociu în urmă cu aproximativ 100.000 de ani, iar unii au ajuns în Australia în urmă cu 60.000 de ani. Dezvoltarea rapidă a unor unelte mai performante în epoca târzie a pietrei și comportamentele complexe ale lui *Homo sapiens* din Africa, de acum 50.000 de ani, le-au permis unora dintre aceștia să migreze în Europa, unde au ajuns în urmă cu 35.000 de ani (deși, aparent, *Homo erectus* sau urmașii lui ajunseseră în Asia și Europa în urmă cu un milion de ani, fără unelte avansate și comportament complex).

Homo sapiens, mai avansat din punct de vedere cognitiv, a înlocuit speciile indigene de *Homo* care au dispărut. Trăsăturile rasiale s-au dezvoltat prin adaptare la mediu numai după această migrație relativ recentă din Africa.

Susținătorii modelului afirmă că se sprijină pe analiza ADN-ului mitocondrial din 1987 („Eva mitocondrială"), dar această analiză a fost ulterior criticată (vezi pagina 436).

Modelul asimilării

Acest model de compromis, propus de Fred Smith și Erik Trinkaus, acceptă ideile modelului originii africane recente în ceea ce privește originea lui *Homo sapiens*, dar susține că mai plauzibilă decât înlocuirea speciilor de *Homo*

indigene de către oamenii moderni emigrați în diferite regiuni este ipoteza că încrucișările și selecția naturală locală au condus la asimilarea speciilor indigene, fapt care ar explica trăsăturile rasiale ale oamenilor moderni.

Originile africane recente și modelul hibridizării

Stringer și colegii săi și-au modificat modelul inițial în urma analizelor genomice menționate mai devreme, care au indicat că au avut loc încrucișări limitate între *Homo sapiens* și *Homo neanderthalensis*. Genomul de Neanderthal este mai asemănător cu cel al oamenilor care trăiesc azi în Asia și în vestul Europei decât cu al celor din Africa, ceea ce sugerează că încrucișarea a avut loc în Orientul Mijlociu, după ce oamenii au părăsit Africa, dar înainte de expansiunea lor în Europa și Asia.

Cuvinte precum încrucișare și asimilare pot da impresia de armonie, ca în cazul căsătoriilor interrasiale de astăzi, dar violul a fost multă vreme o armă de război. Este menționat de numeroase ori în Biblie, de exemplu la Zaharia 14:

> Voi aduna toate neamurile pentru război împotriva Ierusalimului, și cetatea va fi luată, casele vor fi jefuite și femeile necinstite.

Reapare constant în istorie până în prezent. Un raport al Națiunilor Unite a documentat violurile sistematice ale femeilor tutsi de către bărbații hutu în timpul genocidului din Rwanda anului 1994 și au estimat că au avut drept rezultat între 2000 și 5000 de sarcini.

Modelul revoluției umane

Descoperirea unor picturi rupestre spectaculos de sofisticate în peșteri din Franța și Spania, contrastând cu dezvoltarea timp de două milioane și jumătate de ani a unor unelte simple – pietre cioplite pe o față sau pietre bifațetate – l-a determinat pe Richard Klein, de la Universitatea Stanford, să avanseze ipoteza că oamenii moderni au apărut subit acum 35.000 de ani, cel mai probabil din cauza unei mutații genetice în creier, care a transformat procesarea neuronală în așa fel încât să ducă la trezirea conștiinței.

Descoperirile ulterioare ale unor producții artistice similare pe alte continente au modificat locul și momentul apariției acestei ipotetice mutații. Locul era Africa, iar momentul, anterior emigrării lui *Homo sapiens*. Potrivit lui Klein, acest eveniment s-a petrecut în urmă cu 50.000 până la 40.000 de ani, în timp ce Paul Mellars, de la Cambridge, îl plasează acum 80.000–60.000 de ani. A fost un eveniment care l-a dotat pe *Homo sapiens* cu puterea intelectuală pentru a migra cu succes din Africa (deși, așa cum am mai spus, se pare că membri ai speciei *Homo erectus*, mai slab dotată intelectual, părăsiseră Africa în urmă cu 1,7 milioane de ani) și pentru a înlocui speciile inferioare cognitiv de *Homo* de pe glob, ceea ce susține modelul înlocuirii.

Modelul gradualist

Sally McBrearty, de la Universitatea din Connecticut, și Alison Brooks, de la Universitatea George Washington, resping hotărât modelul revoluției umane, catalogându-l drept eurocentric. Ele subliniază că dovezile pentru rafinarea uneltelor de piatră și pentru uneltele compuse, vânătoarea specializată, folosirea resurselor acvatice, ornamentele, gravurile și folosirea pigmenților în artă și decorație nu au apărut toate în același loc și în același timp, ci în diverse locuri de pe continentul african și în diferite perioade, începând de acum 250.000 de ani. Aceasta demonstrează, spun ele, că abilitățile cognitive s-au dezvoltat gradual.

IPOTEZE PRIVIND CAUZELE APARIȚIEI OMULUI

Cu excepția modelului revoluției umane, ipotezele de mai sus răspund mai curând la întrebările *cum* și *când* au apărut oamenii decât la întrebarea *de ce*.

Mutația genetică

O mutație genetică în stare să producă o dezvoltare atât de radicală a comportamentului, într-un timp atât de scurt, este incompatibilă cu ceea ce cunoaștem despre felul în care funcționează genele. În timp ce o singură mutație poate să se dovedească distructivă și să inhibe un comportament existent sau chiar să ducă la moarte (deși chiar și în acest caz sunt de obicei necesare câteva mutații genetice), dezvoltarea unui comportament nou sau semnificativ îmbunătățit necesită aproape întotdeauna acțiunea în rețea a mai multe gene. Am văzut la pagina 383, de exemplu, că un studiu din 2010 a arătat că inteligența umană este controlată mai degrabă de o rețea de mii de gene decât de câteva gene puternice, așa cum se considera înainte.

Dacă modificarea genetică ar fi fost singura sau principala cauză a revoluției relativ bruște a comportamentului, manifestată prin trezirea relativ bruscă a conștiinței – până la conștiința reflexivă –, atunci acest lucru nu se putea produce printr-o mutație genetică, ci printr-o modificare substanțială a genomului, implicând multe gene și mecanisme reglatoare, precum cea care rezultă în urma hibridizării sau a duplicării genomului.[i]

Modificarea climei în estul Africii

Timp de multe decenii explicația ortodoxă a fost aceea că oamenii au apărut în estul Africii deoarece schimbările climatice au dus la transformarea pădurilor în savană la est de valea Riftului African, nou creată de mișcările tectonice. Bipedalismul a fost selectat deoarece prezenta un avantaj adaptativ,

[i]) Vezi pagina 494.

permițându-le oamenilor să se deplaseze mai eficient decât mersul pe încheieturile degetelor (așa cum se deplasează cimpanzeii și gorilele), atunci când aveau de parcurs distanțe mari în căutare de hrană în luncile întinse, și/sau le permitea să vadă prada și prădătorii de la o distanță mai mare, și/sau le permitea să alerge mai repede spre pradă sau să fugă de prădător, și/sau le expunea mai puțin corpul la căldura soarelui, în absența protecției din mediul împădurit, și/sau le elibera mâinile pentru a folosi unelte.

La începutul acestui capitol am subliniat că bipedalismul nu este o trăsătură unică a speciei umane. În plus, contrazicând explicația savanei, *Ardipithecus ramidus* trăia într-un mediu mixt cu păduri și ierburi, și se presupune că se deplasa biped, în timp ce cimpanzeii au fost observați folosind sau chiar confecționând unelte simple. Mai mult decât atât, antropologii Sally McBrearty și Nina Jablonski au descoperit în 2005 o fosilă de cimpanzeu în vârstă de 545.000 de ani[i] în Kenia, care contrazice opinia că numai hominii au migrat și au supraviețuit în savana de la est de valea Riftului African[54] (deși, în mod logic, s-ar putea ca acel cimpanzeu să nu fi reușit să supraviețuiască în condițiile respective).

Modificările climatice la nivel global

Evoluția homininilor a avut loc în epoca geologică cunoscută sub numele de pleistocen, de la 2,6 milioane la 12.000 de ani în urmă, caracterizată prin mai multe glaciații majore alternând cu perioade calde, interglaciații, mai scurte, de zece până la douăzeci de mii de ani.

Acest fapt l-a făcut pe Stringer să afirme că în urmă cu 450.000 de ani a avut loc un eveniment climatic esențial, atunci când *Homo heidelbergensis* (un presupus urmaș al lui *Homo erectus*), care se răspândise în Eurasia, inclusiv în Anglia, a trăit o perioadă de glaciație severă, împărțindu-se apoi în trei grupuri principale care au evoluat ulterior separat: cel din Europa a evoluat spre neanderthalieni, cel din Asia, spre denisovani, iar cel din Africa a evoluat către omul modern.

Alți paleontologi au invocat alternanța între perioadele glaciare și interglaciare pentru a explica evoluția omului. Conform acestei perspective, perioadele interglaciare repetate au provocat deșertificarea și seceta în estul Africii, forțându-i pe oameni să migreze. O astfel de perioadă, de acum circa 60.000 de ani, i-a făcut să părăsească Africa și să meargă spre nord, în timp ce fazele glaciare majore, care au atins vârful în urmă cu 25.000 până la 15.000 de ani, au determinat o scădere a nivelului mării cu aproximativ 120 de metri, creând un pod de uscat pe locul unde în prezent se află strâmtoa-

[i]) Fosila constă în trei dinți despre care McBreathy spune că sunt incisivi de cimpanzeu și că toți trei au smalțul subțire, caracteristic cimpanzeilor.

rea Bering, care le-a permis animalelor, urmate de oameni, să se deplaseze din Eurasia în America de Nord.

Migrația în sine nu explică totuși apariția omului; multe alte specii au migrat.

În plus, schimbările climatice sunt mai complexe decât atât. Am văzut în capitolul 12 că clima este afectată de modificări ale radiației solare precum exploziile solare, de rotația Pământului în jurul propriei axe, de recesiunea axei Pământului, de modificările sezoniere datorate oscilației axei Pământului (în timp ce această oscilație în sine variază în cicluri de 41.000 ani), de mișcările tectonice care afectează oceanul planetar, de curenții de aer și așa mai departe.[i] Astfel de cauze ale modificărilor climei operează la diverse intervale de timp și interacționează producând, de exemplu, perioade de ploi torențiale care nu sunt întotdeauna predictibile. După studierea sedimentelor din lacuri, paleoclimatologii Martin Trauth și Mark Maslin au tras concluzia că și în perioadele presupus secetoase existau lacuri adânci și mari în valea Riftului African.[55]

Rick Potts, director al Human Origins Program de la Smithsonian și curator al secției de antropologie a Muzeului Național de Istorie Naturală, sugerează că nu trecerea de la pădure la savană a provocat apariția omului, ci fluctuația între pădure, savană și deșert a provocat o creștere a dimensiunilor creierului homininilor și a cogniției, care i-au făcut să-și dea seama cum se poate trăi în circumstanțe fluctuante.[56]

Nu cunoaștem cât de repede au apărut aceste fluctuații. Mai multe probe de gheață din Groenlanda au arătat că se pot produce modificări climatice majore în perioade de 20 de ani sau chiar mai puțin. După cum arată Response of Humans to Abrupt Environmental Transitions (un consorțiu științific multidisciplinar fondat de Natural Environment Research Council din Marea Britanie), studiile care corelează evoluția omului cu modificările climatice sunt compromise din cauza incapacității de a sincroniza datele arheologice și cele geologice cu suficientă precizie.

Cei mai mulți dintre factorii care determină schimbările climatice sunt globali, și nu văd de ce am privilegia Africa de est drept „leagănul umanității". Semne de conștiință reflexivă – unelte compuse specializate, ornamente și simboluri – s-au descoperit și în sudul Africii. Poate că faptul că cele mai multe fosile de hominini – chiar și acestea puține – au fost găsite în Africa de est se datorează mai degrabă eroziunii rapide a înălțimilor, care a umplut valea Riftului cu sedimente asigurând condiții mai favorabile de fosilizare decât existenței unui singur habitat care a favorizat apariția omului.

---

[i]) Vezi pagina 232 și următoarele pentru factorii planetari care afectează clima.

1. Caracteristica ce deosebește oamenii de toate celelalte specii este conștiința reflexivă.
2. Apariția sa poate fi reconstituită de la apariția conștiinței la primate până în momentul în care conștiința a devenit conștientă de sine. Semnele primelor licăriri ale acestei conștiințe reflexive constau în dovezi incontestabile ale acelor facultăți posedate de primate pe care le-a transformat radical la oameni, împreună cu noi facultăți secundare pe care le generează.
3. Dovezile insuficiente fac totuși imposibilă reconstituirea liniei de filiație exacte de la primate la apariția oamenilor moderni. Dovezile insuficiente fac de asemenea imposibilă alegerea între diferitele ipoteze care pretind că explică unde și cum au apărut aceste procese. Cât despre când anume, dovezile de care dispunem sunt în mică măsură compatibile atât cu revoluția umană, cât și cu modelele gradualiste. Conștiința reflexivă nu a apărut brusc, de niciunde. Conștiința a apărut treptat la diferiți hominini de acum circa 2,5 milioane de ani; totuși, rata sa de schimbare a crescut și a continuat să crească în ultimii 250.000 de ani, atunci când unele semne de conștiință reflexivă au apărut relativ rapid, în diverse locuri, până când toate aceste semne s-au manifestat pe diferite continente în epoca târzie a pietrei și paleoliticul superior, acum 40.000 până la 10.000 de ani.
4. Aceeași lipsă a dovezilor face imposibilă identificarea cauzei sau cauzelor specifice care au dus la apariția omului. Este posibil ca principala cauză să fi fost un instinct de supraviețuire în fața prădătorilor și necesitatea de a găsi hrană într-un mediu instabil indus de fluctuațiile de climă, care l-au făcut să-și dea seama că aceste nevoi erau mai bine satisfăcute prin cooperare decât prin competiție. S-ar putea ca hibridizarea sau reduplicarea genomului să fi jucat un rol în această schimbare evolutivă.
5. În ansamblu, pare să fie vorba de un caz de emergență a sistemelor[i] în care interacțiunea facultăților la un nivel mai scăzut de complexitate – precum înțelegerea, inventivitatea, învățarea și comunicarea – generează o nouă facultate, la un nivel mai crescut de complexitate – în acest caz conștiința reflexivă – și că facultățile de nivel mai ridicat interacționează cu facultăți de nivel mai scăzut transformându-le și generând unele noi – precum imaginația, limbajul, abstractizarea și credința.

[i]) Vezi glosarul pentru definiția *emergenței* și a celor trei tipuri principale ale acesteia.

6. Ca și în cazul apariției materiei și apariției vieții, din cauza numărului mic de dovezi, este aproape sigur că știința nu va fi niciodată capabilă să identifice când, cum și de ce au apărut oamenii. Dar asta nu înseamnă a nega apariția lor. Ca să extind o analogie făcută în partea a doua, conștiinta reflexivă este ca o floare crescută din sămânța conștiinței. În unele medii crește și produce muguri care se ofilesc. Într-un alt mediu mugurii înfloresc. Un mugure nu este o floare, dar este imposibil să spui în ce moment anume mugurele se transformă în floare.

CAPITOLUL 27

Evoluția omului 1: gândirea primitivă

> În afara și deasupra biosferei există noosfera [...]; odată cu hominizarea, în ciuda caracterului nesemnificativ al saltului anatomic, avem începutul unei noi ere. — Pierre Teilhard de Chardin, 1955

Mai întâi, voi analiza felul în care au evoluat oamenii, voi arăta că acest proces poate fi împărțit în trei etape și voi examina mai în detaliu prima dintre cele trei etape.

CUM A EVOLUAT OMUL

Fizic

Dovezile fosile sugerează că, în afara unei reduceri gradate și de mică amploare a dimensiunii medii a craniului și scheletului, omul a încetat să mai evolueze morfologic de cel puțin 10.000 de ani, când a populat fiecare continent al globului.

Specialiștii în antropologie fizică împărțeau de obicei specia umană în trei mari variații sau rase derivate din adaptarea climatică: caucazoid, mongoloid și negroid. Clasificarea diferitelor populații în aceste grupe rasiale a fost contestată, neexistând un acord în privința definirii caracteristicilor rasiale separatoare și a cauzelor lor; în același timp, încrucișările rezultate în urma invaziilor și migrațiilor au estompat diferențele dintre populații. Reproducerea între grupurile rasiale diferite a sporit semnificativ în ultimii cincizeci de ani, din motive ce vor fi discutate în secțiunea următoare, accelerând tendința către o reducere a diferențierii fizice în cadrul speciei umane.

Deși au loc unele modificări fizice reversibile – în principal reducerea dimensiunilor, ca urmare a malnutriției, în țări afectate de foamete, sau obezitatea, cauzată de supraalimentare și de lipsa exercițiului fizic, în unele țări bogate –, în ansamblu oamenii nu mai evoluează din punct de vedere fizic.

Genetic

Într-un studiu publicat în 2007, antropologul John Hawks, de la Universitatea din Wisconsin, Madison, și colegii săi afirmă că selecția naturală a vari-

anților genetici avantajoși din punct de vedere adaptativ a produs o evoluție genetică extraordinar de rapidă a speciei umane.[1] Modelarea datelor realizată de aceștia arată că varianții genetici sau mutațiile au crescut în ultimii 40.000 de ani. Fiind neodarwiniști, ei atribuie această creștere răspândirii varianților, care facilitează adaptarea cu succes a populațiilor la diferite medii. Astfel sunt varianții care codifică producția de pigment negru în piele, melanina, în zone din preajma ecuatorului, deoarece melanina protejează împotriva radiațiilor ultraviolete ale luminii solare puternice, dăunătoare.

Totuși, modelarea lor arată și că varianții genetici au atins un vârf acum 8000–5000 de ani, atunci când populațiile umane au cunoscut o expansiune puternică, în prezent scăzând la zero. Hawks și colegii săi au atribuit această scădere incapacității de a detecta varianții adaptativi care „*ar trebui* să existe [...] și să apară cu o rată din ce în ce mai crescută [sublinierea mea]."

Chiar ținând cont de criteriile neodarwiniste, există motive întemeiate pentru a contesta această extrapolare a unei tendințe din trecut la timpul prezent, nesusținută de date, precum și concluzia lor că specia umană ar trece printr-o schimbare genetică rapidă.

Un motiv este acela că variația genetică în cadrul speciei umane, estimată astăzi la 0,1–0,15%, este scăzută comparativ cu cea a multor alte specii, de la musculița de oțet până la cimpanzei.[2]

O altă cauză, potrivit geneticianului Steve Jones, de la UCL, este faptul că selecția naturală necesită (a) variații în gene generate aleatoriu de mutații și (b) oameni care să supraviețuiască suficient de mult timp pentru a se reproduce și a transmite variațiile genetice care au contribuit la supraviețuirea lor. El susține că în Londra anilor 1850 numai aproximativ jumătate dintre nou-născuți treceau de vârsta pubertății, în timp ce acum supraviețuiesc 99% dintre ei. Astfel, oamenii cu seturi de gene avantajoase nu mai trăiesc mai mult decât cei cu gene mai puțin avantajoase. Așadar, susține Jones, natura și-a pierdut puterea de a selecta, iar evoluția omului s-a oprit, cel puțin în țările dezvoltate.[3] Mai precis spus, asta înseamnă că nu există nici o modificare în fondul genetic al populației din Londra (și, prin extensie, în fondurile genetice din restul lumii dezvoltate) care să apară din acumularea diferențială de gene avantajoase înregistrate de selecția naturală.

Principalele cauze ale mortalității infantile în Londra secolului al XIX-lea erau malnutriția și bolile. Îndepărtarea lor s-a datorat abilităților transformate sau generate de conștiința reflexivă. Înțelegerea, creativitatea, inventivitatea și comunicarea au generat metode mai eficiente de producere și distribuire a hranei; de asemenea, toate acestea au dus la intervenții medicale cu scopul prevenirii și vindecării bolilor care le fuseseră fatale celor lipsiți de o imunitate genetică naturală.

În plus, aceste facultăți, combinate cu intenționalitatea, împiedică variațiile genetice să se răspândească atunci când oamenii, spre deosebire de

toate celelalte specii, întreţin relaţii sexuale, dar aleg să folosească metode de control al naşterilor, astfel încât genele lor nu se transmit mai departe.

Mai mult decât atât, spre deosebire de alte specii, diferitele populaţii umane nu au devenit izolate genetic în diverse habitate. În ultimii circa 50 de ani s-a înregistrat o creştere a expansiunii şi amestecului de fonduri genetice ale populaţiilor umane, în special din cauza a doi factori. În primul rând, judecata şi educaţia duc la slăbirea barierelor sociale în privinţa alegerii unor parteneri din rase şi clase sociale diferite. Multe dintre aceste bariere erau întărite de legislaţie, precum legile segregaţiei din statele din sudul Americii, în vigoare până în anii ’60, şi legile apartheidului, funcţionale în Africa de Sud până în anii ’90. Acest proces de înlăturare a barierelor nu este nicidecum complet; sistemul de caste, care a funcţionat timp de cel puţin 4000 de ani, are încă o influenţă importantă în separarea claselor în India rurală şi în Pakistan, în timp ce israelienii se izolează de celelalte rase semitice prin politicile lor guvernamentale. Totuşi, tendinţa *generală* este aceea de integrare mai largă a grupurilor separate înainte pe criterii rasiale sau sociale.

În al doilea rând, înainte exista tradiţia să te căsătoreşti doar în cadrul familiei extinse, apoi al satului şi apoi al oraşului tău. Acest lucru era valabil chiar şi în cazul naţiunilor celor mai dezvoltate industrial, până la inventarea în anii ’50 a sistemelor ieftine de transport, precum liniile aeriene comerciale. În consecinţă, în paralel cu globalizarea comerţului, industriei şi educaţiei superioare, oamenii migrează din ce în ce mai mult, temporar sau permanent, întâlnind persoane din regiuni sau ţări diferite şi uneori căsătorindu-se cu ele.

Rezultatul general al acestor doi factori este, în termeni neodarwinişti, o tendinţă către amestecul şi expansiunea fondurilor genetice, *Homo sapiens* rămânând astfel singura specie capabilă de încrucişare extinsă. Cu toate că sunt inevitabile unele modificări genetice minore apărute în urma mutaţiilor (chiar şi cele neutre sau dăunătoare), în cadrul unor populaţii umane izolate geografic sau social nu pot apărea modificări genetice ireversibile, care să producă noi specii.

Dar dacă oamenii nu mai evoluează genetic de acum aproximativ 5.000 de ani, asta nu înseamnă că nu evoluează în alte moduri.

Noetic

Rata modificării comportamentelor umane, în special al celui social şi inovativ, de când conştiinţa reflexivă a marcat încheierea apariţiei oamenilor în paleoliticul superior, acum 40.000 până la 10.000 de ani (de aici înainte ne vom referi la perioada aproximativă de 25.000 de ani), ne spune cum au evoluat şi evoluează încă oamenii. Ceea ce observăm nu este o evoluţie fizică sau genetică, ci una noetică: evoluţia conştiinţei reflexive.

Până acum, această evoluție poate fi împărțită în trei etape care se întrepătrund: gândirea primitivă, gândirea filozofică și gândirea științifică.

EVOLUȚIA GÂNDIRII PRIMITIVE

Definesc acest concept în felul următor:

> **gândire primitivă** Prima fază a conștiinței reflexive, atunci când reflecția despre sine și despre relațiile cu restul universului este centrată în principal pe supraviețuire și superstiție.

Această etapă a fost singurul tip de conștiință reflexivă pe parcursul a aproximativ 90% din existența omului modern. A avut șase consecințe profunde pentru evoluția omenirii:

1. Tranziția de la adaptarea omului la mediu la adaptarea mediului la nevoile omului.
2. Tranziția de la existența nomadă de vânători-culegători la comunitățile sedentarizate.
3. Inventarea și diseminarea tehnologiilor care au dus la trecerea de la satele agrare la orașe-state și apoi la imperii, fiecare având o ierarhie socială bazată pe funcții specializate.
4. Inventarea și dezvoltarea scrisului.
5. Fondarea astronomiei și matematicii.
6. Dezvoltarea sistemelor de credințe și a religiilor.

Dovezile sunt, în mare, de trei categorii: rămășitele provenite de la primii oameni și artefactele lor; grupurile de vânători-culegători din prezent, grupurile pastorale și agricultura de subzistență; consemnările în scris ale povestirilor orale preistorice și ale evenimentelor și credințelor contemporane.

Reținerile cu privire la primele două categorii de dovezi au fost detaliate în capitolul 26. Relatările scrise trebuie tratate, de asemenea, cu precauție. Rareori aceste scrieri au fost concepute ca relatări istorice. Scopul lor era, cel mai adesea, politic sau religios: trebuiau să convingă o populație să accepte ordinele unui conducător dinastic, lăudând faptele de arme ale sale și ale strămoșilor săi, în numele acestora, sau să sădească și să propage credința într-unul sau mai mulți zei. Uneori cele două scopuri erau combinate, ca în cazul conducătorilor deificați, precum regii Egiptului.

Povestirile orale transmise din generație în generație erau înfrumusețate și asimilate cu alte mituri, la fiecare relatare. Mulți războinici deveneau eroi zămisliți de câte un zeu, așa cum e cazul grecului Heracles (adoptat de romani drept Hercule), sau deveneau întruparea unui zeu, așa cum era Krishna

la momentul în care istoria sa a fost consemnată în poemul epic *Mahabharata*, după cel puțin 900 de ani de la nașterea sa.

Ținând cont de aceste rezerve referitoare la dovezi, voi încerca să arăt cum a dus evoluția gândirii primitive la aceste șase consecințe.

De la grupurile nomade de vânători-culegători la comunitățile sedentarizate de agricultori

Apariția conștiinței reflexive nu i-a transformat brusc pe oameni. Dimpotrivă, acele prime licăriri de conștiință reflexivă au avut de luptat cu instincte puternice înrădăcinate de-a lungul existenței de milioane de ani a strămoșilor preumani.

Cercetările din ultimii douăzeci de ani au demontat concepțiile romantice cu privire la vânătorii-culegători pașnici, edenici, care trăiau în armonie cu natura sau care doar răspundeau prin violență după ce fuseseră persecutați de așa-zișii occidentali civilizați (ceea ce s-a întâmplat cu adevărat).

În cartea sa *War Before Civilisation: The Myth of the Peaceful Savage*, paleoantropologul Lawrence Keeley, de la Universitatea din Illinois, combină dovezi provenite din rămășițele preistorice și de la populații tribale moderne pentru a arăta că moartea în urma raidurilor și masacrelor în timpurile preistorice era mult mai frecventă și extinsă la o scară mult mai largă decât moartea în războaiele purtate de națiunile moderne. Între numeroasele exemple, studiile etnografice referitoare la populații tribale din ținuturile muntoase din Papua Noua Guinee și la populația yanomami din pădurile Venezuelei, ca și cele despre murngin din Australia arată că aproximativ 25% dintre bărbații adulți mureau în războaie. Cu un secol și jumătate înainte de sosirea europenilor în Dakota de Sud, un mormânt comun de lângă un sat incendiat din Crow Creek adăpostea rămășițele a peste 500 de bărbați, femei și copii – reprezentând cam 60% din populația satului – care au fost măcelăriți, scalpați și mutilați. Mormântul conține puține schelete de femei tinere, ceea ce sugerează că acestea erau luate captive. Jumătate din oamenii găsiți într-un cimitir nubian vechi de aproximativ 12.000 de ani muriseră în urma unor violențe.

Aceste descoperiri figurează și în cartea *Constant Battles*[4] a lui Steven LeBlanc, arheolog la Harvard, care admite că timp de 25 de ani el și colegii săi au ignorat, din obișnuință, dovezile clare ale războaielor. În această carte, vorbește despre siturile de vânători-culegători unde se găsesc dovezi ale morții violente, artefacte specializate de luptă, trofee de război, în special capete, și imagini ale luptelor în pictura rupestră.

Homicidul nu este restrâns la membrii altor grupuri de vânători-culegători. De la sfârșitul anilor '70, antropologii Kim Hill și Magdalena Hurtado, de la Universitatea de Stat din Arizona, au studiat grupurile aché care du-

ceau o viață caracteristică epocii de piatră în pădurea amazoniană. 36% dintre bărbații adulți mureau în războaie externe. Totuși, Hill și Hurtado au descoperit că, din lotul lor de 834 de indivizi, 22% muriseră de mâna unui alt membru aché, incluzând infanticidul, gerontocidul și luptele cu bâta. Infanticidul, mai ales al orfanilor, și uciderea bătrânilor și bolnavilor erau atât de frecvente, încât acești membri ai grupurilor aché erau adesea îngropați de vii cea mai mare parte a timpului. Era un obicei acceptat de cultura lor. Vânătorii-culegători duc o viață grea; în cele mai multe zile sunt flămânzi și nu-i pot susține pe cei care nu sunt capabili să contribuie la procurarea nomadă a hranei.[5]

Dovezile cu privire la gândirea vânătorilor-culegători preistorici sunt rare și deschise multor interpretări diferite: pe baza lor nu se pot face decât speculații. Fragmentul de mai jos, scris cu litere cursive, este un experiment mental interpolat cu astfel de dovezi existente.

Imaginează-ți că nu știi nimic despre bolile microbiene, meteorologie, astronomie sau orice altă știință. În fond, acum 25.000 de ani nu știai nimic altceva decât ceea ce vedeai, auzeai, atingeai, miroseai sau gustai, în teritoriul în care familia ta extinsă căuta plante și fructe comestibile și încerca să ucidă animale pentru carne.

Ce gândești atunci când unul dintre fiii face febră, e slăbit și moare? Ce gândești despre o secetă care ofilește plantele înainte să se coacă? Ce gândești despre zgomotul tunetului, lumina fulgerului, ploaia torențială sau furtuna de zăpadă?

După câteva generații îți dai seama că unele dintre aceste fenomene au un tipar ciclic. Ziua și noaptea se succedă predictibil și asigură ritmul de bază al vieții. Este ziuă atunci când un disc galben traversează cerul albastru și produce căldură și lumină cu ajutorul cărora poți să cauți hrană și să vânezi, pentru ca apoi să dispară la orizont. Noapte este atunci când cerul e negru, în timp ce un disc alb de aceeași dimensiune cu cel galben traversează cerul pentru tot atâta timp. Nu produce căldură și luminează puțin; e timpul pentru somn. Totuși, spre deosebire de discul galben, cel alb descrește câte puțin în fiecare noapte, până devine o dâră argintie și apoi crește din nou până ajunge discul alb de aceeași dimensiune cu cel galben, după care ciclul se repetă. Peste alte multe generații îți dai seama că numărul de zile dintre două luni pline este același cu ciclul menstrual asociat cu fertilitatea femeilor. Așadar, te gândești, Luna este asociată cu fertilitatea.

Luna a fost un simbol al fertilității în multe societăți umane timpurii, după cum vom vedea mai târziu.

Supraviețuirea ta depinde de fertilitatea femeilor, care nasc fii sănătoși care să-i înlocuiască pe cei ce mor de mici sau în bătălii, apărându-vă resursele de hrană și femeile, sau care părăsesc grupul vostru. În jurul focului de tabără voi sau femeile voastre reprezentați printr-un simbol ce vă doriți, gravând pe o mică bucată de colț de mamut o vulvă în care lăsați sămânța din care va ieși copilul și sânii mari care

vor hrăni copilul. Purtată de femei într-un săculeț sau legată în jurul gâtului cu o fâșie de piele, va aduce noroc și copii sănătoși.

Astfel de figurine datând încă de acum 35.000 de ani sunt descrise în capitolul 26.[6i]

Înțelegi că moartea este opusul vieții. Acesta este încă un lucru asupra căruia reflectezi. Știi că vei muri și tu, ca toți ceilalți. Fie în luptă, fie din cauza rănilor din timpul luptelor, fie pentru că ești slăbit după ce nu ai reușit multă vreme să găsești hrană, fie pentru că ai febră și nu poți să mănânci, fie, rareori, după ce ai trăit mult timp și acum ți-ai pierdut puterile și trupul ți s-a împuținat. Dar moartea este sigură. De aici apare o întrebare tulburătoare: ce se întâmplă cu mine după ce mor?

Îți dai seama că unul dintre lucrurile care deosebesc moartea de viață este faptul că ființele vii respiră, pe când cele moarte nu mai respiră; corpul lor se descompune.

Ideea că răsuflarea este o forță sau un spirit care conferă viață apare în aproape toate formele primitive de limbaj scris.[ii]

Faci față realității morții, o traumă psihologică, gândind că suflarea ta sau forța vitală se duce în altă parte după ce ți-a părăsit corpul în descompunere. În memoria ta și în visele tale din timpul somnului – când ești pe jumătate viu, pe jumătate mort – vezi lucruri și oameni, inclusiv pe părinții tăi care au murit. Forța lor vitală, sau spiritul, trăiește într-o altă lume, o lume a spiritelor sau a viselor.

Gânduri similare te conduc la concluzia că tot ce e viu – animalele pe care le vânezi sau care te vânează, plantele și fructele pe care le mănânci, copacii din ramurile cărora îți construiești adăpostul și chiar munții din care izvorăște apa dătătoare de viață – posedă o forță vitală sau un spirit.

Aceasta este o gândire animistă, o credință care persistă și astăzi sub diferite forme, precum șintoismul și tradițiile multor triburi amerindiene (de exemplu lakota sioux) sau Visarea aborigenilor australieni.

Deoarece nu cunoști nici un alt loc, lumea spiritelor nu este mai întinsă decât pământurile pe care le-ai văzut și cerul de deasupra lor. Tu și familia ta extinsă vă identificați cu un anumit spirit din habitatul vostru, de care depinde supraviețuirea voastră. Poate că trebuie să ai abilitățile de prădător ale leului, pe care-l admiri și de care te temi, dacă teritoriul tău se află în Europa interglaciară, sau ale jaguarului, dacă te afli în America Centrală. Poate că e vorba de animale pe care le vânezi, precum o turmă de bizoni care trece regulat pe teritoriul tău. Sau de o anumită plantă comestibilă, precum grâul sălbatic, care se coace întotdeauna. Acestea devin sacre și grupul tău impune tabuuri legate de felul în care trebuie tratate spiritele. Le reprezinți purtând capul animalului sau snopi de grâu sau gravând imaginile lor.

Credințele și obiceiurile de acest tip, care întăresc solidaritatea grupului, constituie totemismul, practicat astăzi în forme diferite de unele triburi din Africa, Australia, Indonezia, Melanezia și cele două Americi.

---

[i]) Vezi pagina 523.

[ii]) Vezi paginile 237–238.

Un membru al grupului tău devine capabil să inducă o stare de vis sau transă – ceea ce numim astăzi stare de conștiință modificată *– prin intermediul unor lungi sesiuni de dans sau bătut în tobă repetitiv, prin post sau consumarea unor plante sau extracte de plante halucinogene. Crezi că spiritul său îi părăsește corpul și intră în lumea spiritelor, unde caută ajutorul spiritelor puternice pentru a alunga spiritele rele care au pătruns în corpul tău și care te fac să fii slăbit și să ai febră; el îți readuce în corp adevăratul spirit, făcându-te din nou puternic. Sau invocă spiritul cerului ca să aducă ploaia. Sau îi întreabă pe strămoșii tăi ce-o să se-ntâmple în viitor. Îl respecți pe acest membru al tribului ca pe un înțelept sau un șaman.*

Șamanismul, în diferite forme, este încă practicat în zilele noastre, de la populațiile tribale din Siberia și regiunile arctice, precum Evenki, până în America, unde șamanii sunt numiți vraci sau vindecători, și în Africa, unde sunt numiți vrăjitori.

Îți dai seama cum poți să obții și să folosești pigmenți pentru a desena pe stâncă ceea ce gândești și îți imaginezi, și reușești să-ți exprimi tot mai bine ideile și sentimentele prin sunete care transmit semnificația ta celorlalți membri ai grupului. Gândirea, limbajul vorbit și arta evoluează sinergic pentru a-ți permite să împărtășești experiențele, imaginația și gândirea, nu numai celor ce trăiesc în același timp cu tine, dar și generațiilor viitoare.

Climatul fluctuant al pleistocenului aduce un uragan care-ți devastează teritoriul, dar ai învățat deja din vechile povești că au existat timpuri când cerul nu a trimis nici un strop de ploaie, iar Soarele a ars și a veștejit plantele. Spiritele sunt supărate și trebuie îmbunate prin ofrande, dacă vrei să supraviețuiești. Aceste spirite se transformă în zeități. Șamanul tău comunică cu ele în numele grupului. El devine apoi preot.

Peste alte generații realizezi că, deoarece teritoriul tău a fost pârjolit de lipsa ploii, grupul tău ar avea o mai mare șansă de supraviețuire dacă ar pleca în căutarea unui teritoriu mai fertil, pe care-l descoperi dând peste un izvor sau peste o câmpie inundată de aluviunile unui mare fluviu. Aici, pe lângă faptul că poți să pescuiești, recunoști mai multe tipare ciclice ale naturii. Grâul sălbatic își aruncă semințele atunci când ziua și noaptea sunt aproximativ egale. Data următoare când se întâmplă asta, plantele au fost hrănite de ploi și încălzite de soare, au crescut, au rodit și pot fi culese și mâncate. Apele fluviului se umflă cam în aceeași perioadă în fiecare an, irigând pământul din jur și lăsând în urmă mult mâl. Dar în unii ani aceste inundații sunt uriașe și distrug culturile.

Cam după 15.000 de ani sau 600 de generații de la aceste prime licăriri ale conștiinței reflexive te gândești că, decât să te deplasezi mereu în căutarea hranei, este mai eficient să culegi semințele, să le plantezi în solul bogat, să le recoltezi atunci când spicele sunt coapte și să depozitezi recolta în vase pe care le-ai făcut din mâl ars. Folosești aceeași inventivitate pentru a face cărămizi de lut.

În josul fluviului, acolo unde plouă mai puțin, te gândești că poți să-ți sporești recolta săpând canale dinspre fluviu ca să irigi terenul uscat înainte să plantezi

semințele. De asemenea, îți protejezi plantele de inundații devastatoare construind diguri.

Pentru irigații, semănături și strângerea recoltelor e nevoie de mulți oameni. Te gândești că în loc să te lupți pentru hrană, iar în urma luptelor bărbații învinși să plece în căutare de noi teritorii și femei, este mai avantajos pentru familia ta extinsă să stați împreună, să cooperați în toate aceste munci grele și să construiți locuințe stabile din cărămizi de lut. Așezările voastre se extind. Mai târziu vă dați seama că decât să vânați animalele care trec pe teritoriul vostru și să ucideți unul ca să-l mâncați este mai folositor să capturați câteva dintre ele, să le creșteți și să le înmulțiți, pentru a vă hrăni cu ele atunci când puii lor cresc și pot să le înlocuiască.

Comunitatea ta agrară câștigă în coeziune nu numai prin cooperare, ci și prin ritualurile îndeplinite. Primăvara îi ceri zeiței fertilității să transforme semințele nou plantate în recolte bogate, toamna sărbătorești și aduci mulțumiri pentru recoltă, iar la solstițiul de iarnă este vremea să implori zeul soare să nu te abandoneze.

Această tranziție la o comunitate sedentarizată a avut loc în momente diferite în funcție de loc, de mediu și de climă. Acest lucru este demonstrat de rămășițele de oase, recolte, unelte, vase și construcții, în ceea ce se numește epoca neolitică a acestor regiuni diferite. În unele locuri totuși nu a avut loc. Survival International estimează că astăzi aproximativ 150 de milioane de vânători-culegători (circa 2% din populația lumii) trăiesc în grupuri mici în mai mult de 60 de țări din regiuni precum Africa ecuatorială și în pădurile tropicale din America de Sud. Dintre acestea, cam 100 de triburi nu au fost niciodată contactate, deși câteva au fost văzute de la distanță sau din avion.[7]

De la așezările agricole la orașele-stat și imperii

Nemaifiind mereu înfometat și pe drumuri, ai mai multe ocazii să reflectezi și să schimbi idei cu alți membri ai satului tău. Acum uneltele tale nu se mai limitează la ceea ce poți lua cu tine, astfel încât, în cooperare cu alții, inventezi unele mai eficiente, cum ar fi plugurile făcute din coarne, care te ajută la plantarea semințelor, pietre de moară pentru sfărâmarea și mărunțirea grăunțelor și vase mari de lut pentru depozitare; ai timp și creativitatea să decorezi aceste obiecte cu imagini și simboluri. Cu ajutorul uneltelor și al sistemului de irigații mai bine dezvoltat, poți să-ți extinzi gospodăria.

Îi venerezi pe părinții tăi și pe părinții părinților tăi pentru că te-au învățat cum să supraviețuiești; le aduci ofrande la morminte și uneori chiar pui la loc de cinste acea parte din ei care le-a adăpostit spiritul, respectiv craniul lor.

Într-una dintre așezările din Ierihon, datată la 6500 î.Hr., s-au găsit cranii îmbrăcate în argilă și ornate cu cochilii de scoici în locul ochilor, interpretate drept dovezi ale cultului strămoșilor, în timp ce săpăturile de la Çatal Höyük, din Anatolia (acum parte a Turciei), au dezgropat cranii îmbrăcate în argilă și pictate cu ocru pentru a recrea fețele. Venerarea spiritelor strămoșilor este întâlnită în multe religii din prezent, de la șintoismul din Ja-

ponia și hinduismul din India până la catolicismul din America Centrală, unde a asimilat multe tradiții indigene.

Realizezi că, deși ți-ai extins gospodăria, tot îți lipsesc unele resurse pe care le au alți oameni și te gândești că ar fi bine să faci schimb din surplusul tău de produse cu aceste resurse. Ai scobit canoe și ai făcut plute cu pânze pentru a călători în susul și în josul fluviului și a face schimburi cu celelalte comunități. Astfel, schimbi nu numai materiale și artefacte, ci și idei.

Construiești ziduri de piatră în jurul locuinței tale pentru a o proteja de grupurile de păstori nomazi, care încearcă să-ți prade depozitele de hrană, sau de alte triburi care sunt forțate de supraexploatarea pământului, de secetă sau de activitatea tectonică și alte dezastre naturale să-și părăsească teritoriul și să încerce să se instaleze pe teritoriul tău. Așezarea ta a devenit un oraș fortificat.

Până acum preoții tăi au folosit poziția Soarelui pe cer, raportată la un munte, ca să prezică timpul optim pentru a aduce ofrande zeilor, pentru semănături și pentru recoltă. Sub conducerea lor, contribui la construirea unor munți de piatră – pietre unice sau menhire ori cercuri de piatră – cu ajutorul cărora vor putea să facă predicții mai exacte și alte ritualuri asociate cu evenimentele cerești.

Nu mai venerezi dibăcia în vânătoare a leului sau viteza calului sau abilitățile altor animale sau păsări. Ești singura specie care poate să ucidă de la distanță; ai îmblânzit calul și îl călărești; ai construit care. Îți imaginezi zeii drept cele mai puternice lucruri pe care le cunoști; niște oameni cu însușiri extraordinare: un bărbat care are puterea ucigașă a leului, un altul care are vedere de uliu, o femeie care stăpânește fertilitatea Lunii, o alta care are puterea de vindecare a șarpelui ce-și leapădă pielea în fiecare an și renaște.

Într-o generație viitoare descoperi singur sau înveți de la alții că dacă găsești pietre strălucitoare și aurii în albia unui râu și le încălzești la foc, se transformă într-un lichid pe care-l poți turna într-o formă de lut, unde se întărește și devine un metal prețios. Același lucru se întâmplă atunci când încălzești alte pietre colorate. Astfel de metale precum aurul, cuprul și cositorul nu sunt destul de dure încât să faci din ele unelte sau arme, dar poți să le gravezi și să modelezi din ele podoabe luxoase și alte ornamente.

Mai apoi meșterii voștri cu experiență descoperă sau învață de la alți oameni că, dacă amestecă unele dintre aceste metale lichide cum ar fi cuprul și cositorul, amestecul se întărește și devine un aliaj cu proprietăți superioare, precum bronzul, care e dur și poate fi turnat pentru a forma lame sau vârfuri ascuțite. Orașul tău folosește această tehnologie pentru a produce unelte agricole și arme mai eficiente. Meșterii descoperă mai târziu cum să facă un cuptor destul de fierbinte încât să obțină din roci de culoare ruginie un metal argintiu pe care-l pot modela prin batere, îl pot reîncălzi și astfel pot forja unelte și arme din fier, cu proprietățile oțelului de astăzi.

Orașul tău folosește aceste noi tehnologii pentru a-și extinde terenurile agricole. Populația ta crește corespunzător și devine, în același timp, mai complexă. Cei mai

mulți lucrează în agricultură și își transmit priceperea copiilor. Dar există și meșterii și negustorii care-și transmit la rându-le priceperea copiilor, așa cum o fac și cei pricepuți în arta războiului, pentru a apăra gospodăria și a cuceri alte orașe, de unde capturează resurse naturale și oameni pe care-i fac sclavi sau îi sacrifică zeilor tăi, și preoții care prevăd cele mai bune momente pentru a aduce ofrande zeilor, astfel încât aceștia să vă ajute să supraviețuiți și să prosperați.

Ritualurile nu mai sunt suficiente pentru a ține unită o populație așa de numeroasă. Un conducător preia puterea și impune legi pentru a împiedica haosul. Acest conducător provine din clasa preoților sau din cea a războinicilor, în funcție de care e cea mai mare amenințare pentru supraviețuire, dacă vine de la forțele naturii controlate de zei sau de la alte populații. De obicei e vorba de cea de-a doua. Odată ajuns la putere, conducătorul, ca și membrii celorlalte clase, le transmite copiilor abilitățile lui legate de exercitarea puterii; asta presupune deseori suprimarea brutală a celor nesupuși.

Dovezile acestui tipar evolutiv general, în cadrul căruia există variații individuale, provin din șase regiuni: Orientul Mijlociu din ziua de astăzi, Egiptul, Europa, subcontinentul indian, China și America Centrală. Sunt descoperite continuu noi dovezi, iar în viitor vor include, fără îndoială, și alte regiuni, precum Africa subsahariană.

Orientul Mijlociu

Până în prezent, cele mai vechi așezări agricole au fost descoperite în Levant, regiunea care mărginește partea estică a Mediteranei, cuprinzând astăzi Israelul, Teritoriile palestiniene, Iordania, Libanul, Siria și sudul Turciei.

Foarte probabil, s-au dezvoltat din comunitățile nomade de natufieni, care ocupau înainte acea regiune. Izvoarele de apă dulce din Ierihon, așezare localizată în Teritoriile palestiniene de astăzi, au făcut-o un loc potrivit pentru sedentarizarea vânătorilor-culegători natufieni, acum circa 9.000 de ani. Rămășițele arheologice și de alte feluri arată că acest loc s-a dezvoltat într-o așezare agricolă permanentă constând în locuințe circulare cu un diametru de aproximativ 5 metri, făcute din cărămizi de lut, și unde se practicau cultivarea de cereale precum grâul și orzul și creșterea oilor și caprelor.

După aproximativ 1.000 de ani așezarea s-a extins într-un oraș înconjurat de un zid de piatră masiv; populația estimată variază de la 200–300 până la 2.000–3.000 de oameni. Alte dovezi lipsesc până la sfârșitul mileniului al IV-lea î.Hr., când Ierihonul a redevenit un oraș fortificat, după ce zidurile sale au fost reconstruite de multe ori. Pe la 1900 î.Hr., canaaniții au dezvoltat un oraș care a fost distrus cândva între 1550 și 1400 î.Hr.[8] Atunci când acest eveniment a fost relatat, câteva sute de ani mai târziu, scribii evrei au atribuit Dumnezeului lor această distrugere. El l-a învățat pe regele Iosua să comande războinicilor săi să mărșăluiască în jurul zidurilor și să strige

în timp ce șapte preoți suflau în corn, după care zidurile s-au prăbușit. Iosua a intrat în oraș și a luat tot ce era făcut din aur, argint, cupru și fier, în timp ce războinicii săi au măcelărit orice ființă vie – bărbați, femei, copii și animale – ca o ofrandă adusă Dumnezeului lor atotputernic.[9] Orașul a fost apoi reconstruit în apropiere.

Acest tipar de cucerire, distrugere și reconstruire, de obicei într-o așezare mai complexă, pare să fi fost repetat de mai multe ori, deși nu avem dovezi scrise care să susțină intervenția divină în celelalte distrugeri.

Un tipar asemănător se întâlnește în Mesopotamia, zona dintre fluviile Tigru și Eufrat, cuprinzând cea mai mare parte a Irakului de astăzi și mărginită la nord de munții Armeniei (parte din Turcia de astăzi), la est de munții din Kurdistanul iranian, iar la vest de deșerturile Siriei și Arabiei Saudite. Aceasta era biblica grădină a Edenului. Totuși, condițiile din această zonă nu erau nici pe departe idilice. O ipoteză care a dus la controverse între specialiști este că transformarea a fost produsă de o schimbare climatică globală care a redus drastic ploile, cu excepția zonei muntoase din nord-est[10], lăsând în cea mai mare parte a regiunii veri lungi, fierbinți și uscate, cursul rapid al Tigrului provocând inundații distrugătoare și formând mlaștini în delta de la confluența Tigrului și Eufratului, care se varsă în Golful Persic.

Cele mai vechi așezări, precum Jarmo în nord, datează probabil de la anul 7000 î.Hr.. Dovezi neconcludente sugerează că în zona inundabilă a Eufratului, în sudul Mesopotamiei, s-au format mici așezări agricole începând cu anul 5800 î.Hr.[11] Populațiile din sud au inventat sau au dezvoltat tehnologii precum digurile și canalele de irigație pentru a-și extinde terenurile agricole. Sumerienii au inventat roata olarului, cu ajutorul căreia și-au dezvoltat producția de vase de depozitat din ceramică, iar mai târziu au inventat vehiculele cu roți. Sudul era lipsit de multe resurse materiale, precum copacii al căror lemn era folosit pentru marile construcții, zăcămintele metalice sau cantități suficiente de piatră, astfel încât sumerienii au prădat zonele învecinate și în același timp și-au dezvoltat schimburile comerciale pentru a obține aceste materiale sau produsele lor.

Tehnologiile lor și negoțul au dus la creșterea acestor așezări în perioada cuprinsă între 4000 și 3000 î.Hr., în orașe stratificate social și apoi în orașe-state cum au fost Urukul sau Urul, fiecare având în centru un templu dedicat unui zeități care proteja orașul. La început, aceste orașe erau guvernate ca o teocrație, condusă de un preot sau o preoteasă supremă, *en*, împreună cu un conducător laic, *lu-gal* (om puternic), ales de cetățeni pentru un an. Războaiele tot mai numeroase dintre aceste orașe în expansiune însemnau că cea mai mare primejdie pentru supraviețuire erau alți oameni, nu zeitățile; ca urmare, a avut loc un transfer al puterii de la *en* către *lu-gal*, care

a întemeiat o conducere permanentă și apoi dinastică, astfel încât *lu-gal* a ajuns să însemne rege, care îndeplinea și unele funcții preoțești.[12]

Apoi, conducătorii dinastici au făcut o seamă de cuceriri și asimilări, prin care și-au extins controlul asupra întregii regiuni, creând, pe rând, imperiul akkadian, imperiul babilonian și imperiul asirian, până când Mesopotamia a fost cucerită de Alexandru cel Mare, în anul 332 î.Hr.

Egiptul[13]

Rămășițele din perioada predinastică sunt rare, deschise unor interpretări diferite, iar datarea lor este incertă, dar se pare că în neolitic s-au dezvoltat așezări agricole în câmpia bogată în aluviuni a Nilului, în locuri precum Merimde, în delta vestică a Nilului inferior, între 4750 și 4250 î.Hr., și la El-Badari și Asyut, în sud, sau pe Nilul superior, între 4400 și 4000 î.Hr. Este posibil să fi existat astfel de așezări și înainte de anul 5000 î.Hr. Cimitirele din zona El-Badari prezintă rămășițe de grâu, orz, linte și tuberculi, plus vite, câini și oi, precum și vase de lut.

Cele mai vechi rămășițe ale populației Naqada din amontele Nilului sunt datate diferit între 4000 și 4400 î.Hr., iar cultura lor s-a răspândit de-a lungul Nilului până prin anul 3000 î.Hr. În acea perioadă au făcut schimburi comerciale cu Nubia la sud, cu oazele din deșert la vest și cu popoarele mediteraneene la est. În Hierakonpolis, la sud de Teba, săpăturile au descoperit o curte ovală cu o lungime de 30 de metri. De-a lungul uneia dintre laturile acesteia există ceva ce seamănă cu un șanț de scurgere, plin cu oase. În apropiere se găsește un cimitir cu corpuri mutilate, unele scalpate, altele lovite cu bâte, până la moarte.

Egipteanul de origine greacă Manethon din Sebennytos susține în scrierile sale datând de la începutul secolului al III-lea î.Hr. că regatele Nilului inferior și superior au fost unite pe la 3100 î.Hr. de legendarul rege Menes, despre care nu există dovezi. Unii arheologi cred că era vorba de un rege numit Narmer. Această opinie se bazează pe descoperirea unei palete de ardezie datând din secolul XXXI î.Hr. Această paletă este gravată pe o parte cu imaginea unui rege ținând în mână părul unui om pe care este pe cale să-l lovească cu un buzdugan, în timp ce, pe cealaltă parte regele este portretizat într-o procesiune ceremonială alături de zece corpuri decapitate, capetele fiind plasate la picioare. Alte gravuri includ imagini interpretate drept simboluri ale Nilului Superior și Inferior și hieroglife interpretate ca însemnând Narmer.

În mormintele succesorilor dinastici ai lui Narmer s-au găsit cadavre cu sânge uscat pe dinți sau ale căror poziții sugerează că victimele au fost arse de vii. Mormintele regilor au devenit din ce în ce mai mari, dezvoltându-se mai târziu în mari piramide de piatră.

Regatul unit și-a sporit bogăția prin vinderea surplusului de grâne și prin dezvoltarea unei armate puternice care apăra teritoriul și cucerea alte teritorii și popoare pentru formarea unui imperiu. De exemplu, ocuparea Nubiei, aflată în sud, a asigurat controlul asupra regiunii celei mai bogate în mine de aur și monopolul asupra metalului în estul Mediteranei. Meșteșugarii imperiului au ridicat monumente precum obeliscurile și au creat bunuri somptuoase pentru morminte (cum ar fi sarcofagul interior, din aur, al lui Tutankamon, care cântărea peste 110 kg).[14]

Era condus de un rege dinastic, numit mai târziu faraon, care era venerat ca un zeu, deoarece se credea că e răspunzător de inundațiile anuale ale Nilului, de care depindea fertilizarea recoltelor și bunăstarea Egiptului; era guvernat de o clasă administrativă, formată în mare parte din preoți. Următorii în ierarhie erau negustorii, meșteșugarii și inginerii care proiectau templele și mormintele piramide din ce în ce mai mari. Pe un loc inferior în ierarhie se aflau marea majoritate a agricultorilor, urmați de sclavii capturați în urma cuceririi altor popoare. Nu se poate ști sigur dacă marile monumente de piatră ale Egiptului au fost construite de oameni prin cooperare în cinstea zeilor sau au fost înălțate de cetățeni sau sclavi forțați să muncească.

Tiparul de pe parcursul a 3.000 de ani și aproape 30 de dinastii arată mai mult sau mai puțin succes în apărarea și extinderea regatului, lupte sângeroase pentru putere, prăbușirea guvernării centrale și preluarea conducerii de către lideri locali, lupte între liderii locali, reunificare prin război, preluarea puterii de către colonișți precum canaaniții și libienii sau de către invadatori precum asirienii și perșii, care fie au devenit conducători dinastici de tipul faraonilor, fie au instalat faraoni-marionetă, până când Alexandru cel Mare a cucerit Egiptul. După moartea lui Alexandru, unul dintre generalii săi, Ptolemeu, un grec macedonean care fusese guvernatorul Egiptului, s-a autoproclamat rege în anul 305 î.Hr. și a pus bazele ultimei dinastii înainte de cucerirea și anexarea Egiptului de către Roma în anul 30 î.Hr.

Europa

Cultura neolitică s-a răspândit spre nord, în ținuturile mai răcoroase și mai umede ale Europei, unde locuințele din cărămizi de lut ale Levantului au fost înlocuite de case mari, de formă alungită, alături de tumuli, movile funerare făcute din pământ stivuit peste structuri de susținere din lemn.

O trăsătură notabilă sunt cele patru tipuri de megaliți construiți din pietre de mari dimensiuni, cioplite rudimentar: mormântul prevăzut cu un culoar, piatra verticală sau menhirul, șirul de pietre și cercul de pietre.

Cel mai celebru este Stonehenge, din sudul Angliei, dezvoltat în trei etape diferite: un terasament circular construit pe la 2950 î.Hr.; o serie de

structuri din lemn ridicate între 2900 și 2400 î.Hr., când era folosit drept cimitir-crematoriu, și o a treia etapă între 2550 și 1600 î.Hr., când s-au construit cercuri concentrice de piatră, cercul exterior fiind legat prin grinzi de piatră orizontale, în jurul unei pietre-altar, și o lungă alee de acces.[15]

Poate mai concludent pentru viața neolitică din insulele britanice este un sit recent descoperit, Ness of Brodgar, care acoperă o suprafață de 2,5 hectare în Orkney, grup de insule aflate în dreptul capătului nord-estic al Scoției, care se poate să fi fost locuite încă din anul 3500 î.Hr. Numai o zecime din această suprafață a fost excavată, dar deja s-au găsit construcții cu acoperiș din gresie, pereți pictați cu pigmenți colorați și ceea ce coordonatorul săpăturilor, Nick Card, a asociat cu un templu: o construcție de piatră de 25 de metri lungime și 19 metri lățime, cu pereți groși de aproape 5 metri, care ar fi dominat Pietrele de la Stenness, aflate în apropiere, și cercul de pietre numit Inelul din Brodgar. Întregul edificiu este împrejmuit de un zid de piatră gros și pare să fi fost folosit timp de aproximativ 1.500 de ani.[16]

Alte construcții mai vechi decât Stonehenge sunt numeroasele morminte cu pasaj din Irlanda[17]. Situat la 50 km nord de Dublin, pe o culme deasupra unui teren agricol fertil din valea râului Boyne, se află masivul mormânt cu pasaj Newgrange, datat pe la 3200 î.Hr. Este gravat cu numeroase simboluri, în special spirale, iar construirea lui a durat până la 30 de ani, după cum afirmă cel care l-a descoperit, Michael J. O'Kelly, de la University College, Cork. Rămășițele umane erau incinerate, dar Newgrange pare să fi fost mormântul unui număr restrâns de persoane, așa cum erau piramidele regale de piatră construite 500 de ani mai târziu în Egipt, iar orientarea și aspectul său sugerează că era un centru ritual. Voi discuta aceste aspecte mai în detaliu atunci când mă voi referi la dezvoltarea credințelor și religiilor, într-o secțiune viitoare.

Dovezile folosirii aliajelor de metale în Europa datează cam din 3200 î.Hr., din Cipru, ai cărui meșteri amestecau cuprul din minele de pe insulă cu staniul, mult mai rar, importat din alte zone mai îndepărtate, pentru a produce obiecte de bronz. Minoicii din Creta, numiți astfel după legendarul lor rege Minos, par să fi controlat mare parte din comerțul cu bronz, pe care-l foloseau pentru a construi palate luxoase precum cel din Knossos.

Subcontinentul indian[18]

Mai multe studii recente au răsturnat ideile și datările anterioare, izvorâte în mare parte din datele estimate de germanul Max Müller în anii 1860 și din interpretarea rămășițelor de către arheologii din perioada colonială britanică. Deși datarea privind subcontinentul indian este încă discutabilă, se pare că oamenii care locuiau în casele din cărămizi de lut cultivau grâu și orz și creșteau oi, capre și vite în Mehrgarh, în zona actualei câmpii Kachi a

Baluchistanului, din Pakistan, începând cu anul 7000 î.Hr., existând dovezi legate de prelucrarea cuprului din jurul anului 5000 î.Hr. În această zonă au existat aşezări până pe la 2600 î.Hr.

Pare rezonabil să presupunem că această populaţie din Mehrgarh, care s-a răspândit către sud şi apoi spre sud-vest şi nord-est de-a lungul râurilor din Valea Indului, a fost cea din care s-a născut ceea ce numim astăzi civilizaţia Văii Indului, care s-a dezvoltat începând de pe la 3300 î.Hr. La apogeu, acoperea o arie de aproximativ 1.250.000 km^2 din Pakistanul de astăzi şi din nord-vestul Indiei şi cuprindea mai mult de o mie de aşezări. Dintre acestea, un loc de frunte ocupau oraşele Harappa şi Mohenjo-daro, care prezintă urme de citadele situate pe coama dealurilor, planificare urbană sofisticată, sisteme sanitare, grânare şi docuri. Locuitorii lor făceau schimburi de bunuri pe uscat şi pe mare până în Mesopotamia, Persia şi Asia Centrală.

Până în prezent nu a fost descifrat nici un înscris şi nu cunoaştem cu certitudine cum erau conduse aceste oraşe. Poemul epic sanscrit *Mahabharata* („Marea poveste a urmaşilor lui Bharata", acei legendari primi locuitori ai Indiei), compilat probabil în versiunea finală extinsă între 400 î.Hr. şi 400 d.Hr., descrie o bătălie istorică între veri, fiecare susţinut de regi aliaţi, pentru dreptul de succesiune la tronul lui *kuru*. O astfel de bătălie a avut loc probabil lângă sau în Valea Indului, deşi estimările cu privire la perioadă variază de la anul 950 î.Hr. (susţinute mai ales de cercetătorii europeni) până la vremuri mult mai îndepărtate, precum 5561 î.Hr. (susţinute mai ales de cercetătorii indieni).[19]

În afară de un rege dinastic susţinut de fraţii săi, prinţi, restul ierarhiei sociale poate fi dedusă din sistemul de caste care funcţionează încă în multe părţi din India rurală şi din Pakistanul de astăzi; ea reflectă o stratificare socială bazată pe funcţii, similară celor din alte civilizaţii antice despre care am vorbit până acum, cu o castă a preoţilor (brahmani), o castă a războinicilor (kshatriya), o castă a comercianţilor (vaishya), o castă a ţăranilor (shudra) şi, în sfârşit, cei fără castă sau cei de neatins.

Oraşele şi satele au fost abandonate pe la 1900 î.Hr. Speculaţiile cu privire la cauze includ dezastrele naturale, cum ar fi activitatea tectonică, seceta sau schimbarea cursului râurilor, exploatarea agricolă excesivă sau cucerirea şi distrugerea. Cel mai probabil populaţia s-a mutat către est, în valea Gangelui.

China[20]

Dovezile aşezărilor agrare timpurii sunt puţine, dar olăritul şi mormintele sugerează că acestea s-au dezvoltat în perioada 8000–2000 î.Hr. în câmpiile bogate în aluviuni ale fluviului Huang, sau Fluviul Galben (în China de nord), şi ale fluviului Yangtze (în China centrală).[21] Urme din perioade mai

târzii sugerează că oamenii cultivau orez și mei și domesticiseră porci, găini și bivoli de apă.

Prelucrarea bronzului datează probabil de pe la 2000 î.Hr. și s-a dezvoltat până la sfârșitul perioadei Han, la 221 î.Hr., producând arme precum capete de sulițe sau obiecte rituale: trepiede și vase marcate cu motive ornamentale precum demoni, animale simbolice și simboluri abstracte.

Cele mai vechi și sigure dovezi de guvernare provin din Yin, de lângă orașul modern Anyang, capitala de la sfârșitul dinastiei Shang, din nordul Chinei. Se păstrează tiparul deja familiar. Dinastia Shang, formată din 31 de regi, a condus, cu aproximație, de la 1600 până la 1046 î.Hr., timp în care și-a mutat de nouă ori capitala. Yin a fost ocupat din secolul al XIII-lea î.Hr. și a cuprins o zonă ovală de circa 9,75 km / 3,75 km care include un complex al templului, cu urme de sacrificii umane, clădiri rezidențiale, grupuri de locuințe ale aristocraților și ateliere de lucru, plus cimitire cuprinzând 11 morminte regale care adăpostesc corpuri de soldați și de cai.

În 1046 î.Hr., Wu din Zhou, situat în nord-vestul Chinei, a cucerit regatul Shang și l-a inclus în teritoriul său, cu centrul în Fenghao, lângă orașul actual Xi'an, din valea râului Wei. La moartea lui Wu, fratele său mai mic, ducele de Zhou, a devenit regent. El a fost mai târziu mitologizat și, printre altele, considerat autorul doctrinei Mandatul Cerului, conform căreia Cerul sau Divinitatea binecuvântează autoritatea conducătorului dinastic care este drept, dar i-o retrage celui care este nedrept. Aceasta a fost privită ca o legitimare a alungării dinastiei Shang, care pretinsese că are un mandat divin pentru a conduce.

Dinastia Zhou a folosit un sistem feudal de administrare a imperiului care s-a extins, cuprinzând cea mai mare parte din China. Dinastia a cunoscut introducerea metalurgiei fierului, a plugurilor trase de boi, arbaleta și călăria.

America Centrală[22]

Datarea în America preistorică este, de asemenea, problematică. Se pare că odată cu anul 1500 î.Hr., dacă nu mai devreme, olmecii din zona tropicală din sud-estul Mexicului, începând probabil din valea râului Coatzacoalcos, care se varsă în Golful Mexic, cultivau porumb, fasole, dovleac și alte plante. Inundațiile sezoniere asigurau un sol fertil, cu aluviuni, care atrăgea un număr mare de populații, ducând la dezvoltarea orașelor.

Printre artefactele caracteristice se numără capete gigantice reprezentându-i cel mai probabil pe conducători, sculptate dintr-un singur bloc de bazalt vulcanic, gravuri interpretate ca oameni-jaguar (oameni care se transformă în jaguari) și bebeluși-jaguar pe piese de altar, ceea ce sugerează un sacrificiu, plus un joc cu mingea și imagini ale sângerării rituale practicate

în special de conducători, care sunt întâlnite și în civilizațiile de mai târziu ale Americii Centrale. Civilizația olmecă a durat cam 1.000 de ani și a dispărut între anii 400 și 350 î.Hr. Cauza sau cauzele dispariției pot fi doar bănuite și seamănă cu cele ale dispariției civilizației din valea Indului.

Mai multe dovezi sunt disponibile cu privire la civilizația maya, care s-a dezvoltat în zona ocupată în prezent de Belize, Guatemala, sud-estul Mexicului și regiunea occidentală din Honduras și El Salvador.

În perioada lor clasică, cuprinsă cu aproximație între anii 250 și 900 d.Hr., maya au construit centre ceremoniale care s-au dezvoltat în peste 40 de orașe, alcătuite de obicei dintr-o piață centrală, dominată de un templu de forma unei mari piramide în trepte, împreună cu un palat și o mare curte de ceremonii. Aceste orașe erau construite în special din calcar, extras și sculptat cu ajutorul unor pietre mai dure, precum silexul. Deși erau avansați în astronomie și numerotare (despre care vom vorbi mai târziu), nu există dovezi că maya ar fi lucrat metale sau ar fi folosit roata, fie pentru confecționarea vaselor, fie pentru transport, deși au construit drumuri albe (*sacbeob*, în limba maya din Yucatán) pardosite cu stucatură din calcar pusă peste piatră și umplută cu moloz, care se pare că au fost folosite în scopuri religioase, militare și de negoț. Mare parte din această civilizație s-a năruit, lăsând multe orașe pradă junglei. Printre cauzele presupuse se numără supraexploatarea agricolă, seceta, cucerirea și distrugerea sau desființarea căilor comerciale din cauza războaielor.

Totuși, orașe precum Chichén Itzá, Uxmal și Mayapán, din zona joasă a pădurilor tropicale din nordul peninsulei Yucatán, au prosperat în continuare timp de câteva secole, fiind probabil colonizate sau cucerite de toltecii din nord. Clădirile mai târzii din Chichén Itzá nu mai sunt gravate cu motivul șarpelui, care o reprezenta pe Ixchel, zeița Maya a fertilității și medicinei, ci cu motivul șarpelui cu pene, reprezentându-l pe legendarul rege-zeu al toltecilor, cunoscut și de maya, sub numele de Kukulkán, și de azteci, sub numele de Quetzalcóatl. Sculpturile, frescele și codicele scrise zugrăvesc războinici victorioși în lupte și un suport de cranii, tipic pentru culturile din America Centrală, folosit pentru a etala capetele prizonierilor de război și ale altor victime ale sacrificiilor. Ele înfățișează o societate stratificată asemănătoare cu cea întâlnită în alte societăți antice, cu un rege ereditar, preoți-astronomi, nobili, agricultori și sclavi.

Dezvoltarea scrierii

Înregistrarea vizibilă a limbajului pe diverse materiale, precum piatra, lutul sau hârtia este întâlnită numai la specia umană. Ea permite transmiterea ideilor la distanțe mari și intervale mari de timp. În lipsa ei, societățile mari și complexe nu s-ar fi putut dezvolta.

Aranjarea literelor și simbolurilor în grupuri sau secvențe pentru a exprima înțelesuri definite și inteligibile a evoluat din reprezentările picturale și mai apoi simbolice ale lucrurilor. S-a dezvoltat independent în cel puțin trei locuri diferite în perioade diferite[23], de obicei pentru a înregistra cantitățile de produse agricole sau de artefacte negociate sau luate ca taxe sau tributuri datorate unui conducător, pentru a promulga legi sau pentru a consemna povești în care erau venerați zei sau conducători sau pentru a consemna reguli de desfășurare a ritualurilor.

După cum am menționat în capitolul 26, cei mai mulți specialiști în lingvistică consideră că cele mai vechi sisteme de scriere au fost cuneiformele sumeriene gravate pe tăblițe de lut, datând de la 3000 î.Hr., și hieroglifele egiptene, cioplite în piatră și datând cam din aceeași perioadă. Nu se cunoaște dacă scrierea egipteană s-a dezvoltat independent sau sub influența celei sumeriene.

Scribii cretani foloseau pe la 2200 î.Hr. o scriere hieroglifică indigenă pe tăblițe de lut, care s-a dezvoltat începând de la 1900–1800 î.Hr. în ceea ce se cunoaște sub numele de scrierea Linear A, încă nedescifrată, care probabil folosea limba minoică. Scrierea Linear B apare în Peloponesul pe la 1500 î.Hr. și de asemenea în palatele cretane; a fost folosită pentru scrierea în greaca miceniană și a precedat cu câteva secole alfabetul clasic grecesc.

În Harappa, în Valea Indului, au fost descoperite și datate pe la 2500 î.Hr. niște înscrisuri făcute pe peceți rectangulare din piatră moale și pe unelte, tablete în miniatură, plăcuțe de cupru și vase de lut, dar nu au fost descifrate și nu este clar dacă reprezintă o protoscriere sau o scriere. Sanscrita, limba clasică din India își are rădăcinile în sanscrita vedică, în care au fost scrise imnurile antice către zei, dar specialiștii din Occident și câțiva din India nu sunt de acord în legătură cu gradul în care s-a dezvoltat din limbile locale sau a fost importată în India de arienii care au invadat din zona de astăzi a Iranului. Totuși, pentru ipoteza invaziei ariene există puține dovezi, iar originea limbii sanscrite nu e limpede.

Scrisul a fost inventat independent în China, unde cele mai vechi dovezi descoperite până acum constau în inscripții pe omoplați de bovine și pe carapace de broască țestoasă folosite în ritualurile religioase de la 1250 î.Hr., în timpul dinastiei Shang. Scrierea chineză care s-a dezvoltat ulterior nu folosește un alfabet cu un număr limitat de caractere, precum limbile europene; fiecare caracter reprezintă în general o silabă din chineza vorbită și poate fi un cuvânt în sine sau parte dintr-un cuvânt polisilabic, ceea ce conduce la existența a mai mult de 5.000 de caractere.

Este aproape sigur că scrierea s-a dezvoltat independent și în America Centrală. O lespede de piatră descoperită în statul mexican Veracruz, datând cam de la anul 900 î.Hr., a fost considerată cel mai vechi sistem de scriere de

pe continent, deoarece conține un tipar secvențial de 62 de semne gravate. Nu a fost încă descifrată și este atribuită olmecilor.[24] Din această regiune, limba antică cel mai bine înțeleasă este limba maya din perioada clasică (200–900 d.Hr.), numită adesea scriere glifică. Au fost descoperite mostre gravate în lemn și în piatră, pictate pe ceramică și pe pereți și scrise pe pergamente din scoarță de copac, cunoscute drept codice. Cele mai multe dintre acestea au fost arse din ordinul lui Diego de Landa, franciscanul însărcinat cu convertirea populației maya la catolicism, dar câteva au supraviețuit. Cel mai amplu este Codexul din Dresda, numit astfel după biblioteca din Germania unde este păstrat; datează din secolul al XI-lea sau al XII-lea și se crede că este o copie a unui text original mai vechi cu trei-patru sute de ani.[25]

Bazele astronomiei și matematicii

Considerate astăzi discipline științifice, astronomia și matematica au fost fondate pentru nevoi practice și în strânsă legătură cu credințele primilor oameni.

Multe dintre structurile megalitice din Europa demonstrează cunoștințe de astronomie. În 1963, astronomul Gerald Hawkins a publicat în revista *Nature* un articol în care a folosit analiza computerizată a fenomenalelor cerești vizibile în anul 1500 î.Hr. pentru a susține că structurile de la Stonehenge erau aliniate cu 13 evenimente solare și 11 evenimente lunare și că erau proiectate astfel încât să prezică eclipsele de Lună.[26] Cea mai recentă opinie, susținută de arheologul Mike Parker Pearson, de la Universitatea din Sheffield, este că Stonehenge a fost un loc pentru ritualuri desfășurate mai curând la solstițiul de iarnă decât la cel de vară, așa cum se credea înainte.

În schimb, nu există dubii cu privire la modul în care a fost proiectat mai vechiul mormânt cu pasaj din Newgrange, Irlanda, datat cu C-14 pe la 3200 î.Hr. În ziua solstițiului de iarnă, la scurt timp după răsărit, lumina soarelui pătrunde printr-o fantă tăiată în piatra de deasupra intrării mormântului și trasează o rază subțire pe podeaua culoarului lung de 18 m, pentru a ajunge la marginea pietrei bazin din capătul camerei, în care erau probabil păstrate rămășițele incinerate. În decurs de câteva minute raza se lărgește într-un fascicul de 17 cm, scăldând piatra bazin împreună cu spiralele și celelalte ornamente săpate în piatră ce decorează camera mormântului, camerele alăturate și tavanul curbat, într-un glob strălucitor, după care se îngustează și lasă din nou mormântul în întuneric.[27]

Câteva dintre „cercurile“ megalitice europene, inclusiv inelul interior al pietrelor verticale de la Stonehenge, sunt de fapt ovoidale, sugerând cel puțin o cunoaștere practică a teoremei lui Pitagora.

Pentru a număra cantități mari, sumerienii au inventat un sistem în bază 60, sau sexazecimal, pe care-l folosim și astăzi pentru a împărți minutul în

60 de secunde și ora în 60 de minute, ziua în 24 de ore, cercul în 360 de grade de arc, un picior în 12 inci și așa mai departe. Succesorii lor, babilonienii, au adoptat acest sistem și au dezvoltat aritmetica, algebra, trigonometria și geometria pentru nevoile practice ale negoțului, topografiei, proiectării de clădiri și parcelării terenurilor agricole. Mii de tăbliță de lut recuperate din perioada babiloniană veche (2000–1600 î.Hr.) arată rezolvări ale unor ecuații liniare și de gradul doi și construcții geometrice; de asemenea, cuprind table ale înmulțirii, table ale ridicării la pătrat, ale radicalilor și reciprocelor. Babilonienii cunoșteau probabil teorema care în Occident îi este atribuită lui Pitagora. Tableta Plimpton 322, datând de la 1700 î.Hr., cu mai mult de o mie de ani înainte de nașterea lui Pitagora, exprimă valorile pătratului ipotenuzei unui triunghi dreptunghic ca sumă a pătratelor celor două catete ($a^2 + b^2 = c^2$).

Cam din secolul al XII-lea î.Hr., babilonienii au început să-și organizeze primele observații despre cer și divinități într-o serie de tăbliță cuneiforme cunoscute sub numele de *Enūma Anu Enlil*, care se refereau la zeul cerului și regele zeilor, Anu, și la zeul aerului, Enlil. De asemenea, au creat cataloage stelare, precum *Mul.Apin*, care conține descrieri ale Soarelui, Lunii, constelațiilor, stelelor și planetelor asociate cu zeitățile lor. Ținta lor era astrologia: prezicerea evenimentelor cerești precum eclipsele și mișcarea planetelor pe cer, pe care le interpretau drept semne ale intențiilor zeilor.

Cataloagele lor stelare au fost mai târziu adoptate și dezvoltate de greci și apoi de romani, oferind astronomiei moderne drept moștenire denumirile planetelor după zeii romani – Mercur, Venus, Marte, Jupiter, Saturn, Uranus și Neptun – și nume latine, echivalente celor babiloniene, pentru constelații, precum Taurus, care marchează echinocțiul de primăvară, Leo, care marchează solstițiul de vară, Scorpius, care marchează echinocțiul de toamnă, și Capricornus, care marchează solstițiul de iarnă.[28]

Excavațiile de la Harappa, Mohenjo-daro și alte situri ale civilizației Văii Indului (datând probabil din perioada 3300–1700 d.Hr., vezi mai sus) au descoperit folosirea matematicii pentru scopuri practice și religioase. De exemplu, harappanii aveau un sistem de cântărire și măsurători bazate pe serii zecimale.

Sulba Sutras, instrucțiunile pentru construirea altarelor cu focuri pe placul zeităților vedice din India, arată cum se face un pătrat cu aria egală cu a unui dreptunghi dat, ceea ce implică folosirea teoremei lui Pitagora, cum se face un pătrat cu aria egală cu a unui cerc dat, ceea ce implică fracții care dau valoarea aproximativă a lui π (unde calculăm πr^2 ca arie a cercului cu raza r), și adunarea fracțiilor, care dă o valoare remarcabil de precisă a rădăcinii pătrate a lui 2.[29]

Mulți oameni de știință occidentali consideră că acestea au fost transmise din Babilon înainte de a ajunge în India, o mie de ani mai târziu. Totuși, Subhash Kak, în prezent Profesor Regents de științe computaționale la Universitatea de Stat din Oklahoma, susține că arheoastronomia – analiza computerizată care indică poziția constelațiilor văzute din diferite puncte de pe Pământ în diferite momente din trecut – corelată cu rămășițele arheologice și cu textele sanscrite arată că *Sulba Sutras* au aceeași vârstă cu calculele babiloniene. El susține, de asemenea, că *Vedanga Jyotisa*, un manual vedic de astronomie, datează de pe la 1300 î.Hr.[30]

O inscripție pe un os oracular găsit în Yin, capitala de la sfârșitul dinastiei Shang, din nordul Chinei, consemnează o eclipsă lunară în ziua a cincisprezecea a lunii a douăsprezecea a anului douăzeci și nouă al domniei regelui Wu-Ding, care corespunde datei de 23 noiembrie 1311 î.Hr.[31] Pentru fiecare dinastie astrologii Chinei antice au pregătit calendare în care consemnau evenimente cerești, fazele Lunii și ale anului solar, pentru a planifica sezoanele agricole și a face predicții.

Înregistrări detaliate ale observațiilor astronomice au fost făcute în epoca Statelor Combatante (aproximativ 475–221 î.Hr.), printre care se numără cataloage stelare atribuite astronomilor/astrologilor Shi Shen și Gan De. Cele mai multe s-au pierdut, dar copii ale lor au fost incluse în *Tratatul despre astrologie al erei Kaiyuan*, compilat între 714 și 724 d.Hr. Hărțile stelare și listele de evenimente astronomice cum sunt eclipsele, cometele și novele s-au răspândit începând cu perioada Han (206 î.Hr.–220 d.Hr.).[32]

Preocuparea populației maya pentru prezicerea ciclurilor naturale de care credeau că depinde supraviețuirea lor a condus la calcularea anului solar, cel mai probabil la Copán, cândva între 300 î.Hr. și 900 d.Hr., cu un număr de 365,2420 de zile, mai precis decât cel al calendarului gregorian folosit astăzi în Occident. Ei foloseau trei calendare: unul civil, numit Haab, de 365 de zile, unul sacru, numit Tzolkin, de 260 de zile (care este perioada dintre două treceri la zenit ale soarelui la Copán), și un calendar lung, în care numărul de zile era calculat ca cel mai mic multiplu comun al primelor două (cel mai mic multiplu comun al numerelor 365 și 260 dă un număr de zile echivalent cu aproximativ 52 de ani).[33]

Preoții-astronomi foloseau aceste calendare pentru a determina momentele propice pentru semănături și pentru ritualuri. Pentru a face astfel de calcule și predicții pe termen lung, populațiile maya au conceput un sistem sofisticat de numărare în bază 20 (sistemul actual european este în bază 10 sau zecimal) care folosea conceptul de zero, pe care nici grecii, nici romanii nu-l inventaseră pentru sistemele lor de numărare.

Codicele care au rezistat arată că maya aveau cataloage de stele și tabele, între altele tabele pentru prezicerea eclipselor, a apariției lui Venus ca

Luceafărul de dimineață (semn de bun augur pentru plecarea la război) și a mișcării retrograde a lui Marte.[34]

Dezvoltarea credințelor și religiilor

În capitolul 2 am rezumat cele nouă teme principale prezente în miturile creației la diferite popoare în această fază a gândirii primitive și am sugerat că majoritatea se explică cel mai bine prin lipsa de înțelegere a fenomenelor naturale și prin nevoile politice și culturale. Aceste concluzii sunt întărite de ceea ce cunoaștem despre dezvoltarea altor credințe și religii care au apărut în diverse regiuni și în diverse momente din această fază.

Pe vremea picturilor rupestre și a figurinelor datând de aproximativ 35.000 de ani în Europa, descrise în capitolul 26, aceste credințe implicau cel mai probabil animismul, șamanismul, totemismul și venerarea strămoșilor. După ce oamenii au adoptat o viață sedentară, aceste credințe au evoluat. După cum satele agricole au evoluat în orașe cu ierarhii sociale și mai departe, uneori, în imperii, spiritele au evoluat într-un panteon al zeităților reflectând nevoile și ierarhiile orașelor: zeița fertilității și-a pierdut treptat poziția dominantă în favoarea unui zeu al cerului a cărui putere de a elibera ropote de tunete și fulgere reflectă puterea regelui-războinic care apăra orașul și extindea terenul agricol.

În Europa, începând de pe la 3200 î.Hr., alinierea megaliților în concordanță cu evenimente cerești precum solstițiile, împreună cu urme ale incinerărilor sau înmormântărilor rituale, bunurile din morminte și însemnele artistice precum spiralele elaborate care apar în multe morminte neolitice, indică credința în existența unei vieți de după moarte și existența unor ființe supranaturale precum zeii. Felul în care e construit mormântul Newgrange, de exemplu, sugerează credința în comuniunea dintre spiritul unui conducător incinerat și zeul Soare. Astfel de credințe sunt explicite în literatura funerară a Egiptului antic.

Cele mai timpurii texte, cunoscute sub numele de Textele Piramidelor, datează din 2400–2300 î.Hr. și au fost gravate pe pereții piramidelor și pe sarcofagele regilor Vechiului Regat al Egiptului; ele includ vrăji și incantații care asigurau trecerea în siguranță a regelui la viața de după moarte, unde Ra, zeul Soare, stăpânește cerurile, fiind adesea numit creatorul și tatăl tuturor lucrurilor.

Aceste texte s-au dezvoltat în Textele Sarcofagelor din timpul Regatului de Mijloc (circa 2000 î.Hr.), prezente în mormintele oamenilor înstăriți și ale regilor, și apoi în textele scrise pe papirusuri și plasate în interiorul sarcofagului ce conținea mumia, datând din timpul celei de-a optsprezecea dinastii (1580–1350 î.Hr.), care cuprindeau extrase din Textele Piramidelor și ale Sarcofagelor și care astăzi sunt cunoscute drept *Cartea morților*.

Amenhotep IV, care a devenit rege cândva între 1370 și 1358 î.Hr., a fost inițiatorul monoteismului, în cel de-al cincilea an al domniei sale, respingând drept o superstiție panteonul zeilor tradiționali care reprezentau forțele naturii și erau întruchipați ca ființe jumătate umane, jumătate animale sau păsări. Zeul suprem pe atunci era Amun-Ra, zeul capitalei, Teba, Amun, care a devenit conducătorul zeilor și a fost identificat cu zeul Soare, Ra, după ce regele Tebei l-a învins pe ultimul rege Hyksos al Egiptului și a fondat cea de-a optsprezecea dinastie. Amenhotep IV a decretat că există un singur zeu, zeul Soare, sursa supremă a luminii și a vieții, care a fost portretizat de atunci încolo numai ca discul soarelui, Aton, și că el era fiul lui Aton, motiv pentru care trebuia să fie cunoscut de atunci încolo drept Akhenaton. Pentru a dejuca opoziția preoților puternici și înstăriți ai lui Amun-Ra, Akhenaton a mutat capitala de la Teba la jumătatea distanței dintre Teba, aflată pe Nilul superior, și Memphis, aflat pe Nilul inferior, unde a construit un oraș nou dedicat numai lui Aton.

Monoteismul nu a supraviețuit morții lui, așa cum nu a supraviețuit nici orașul său. Preoții lui Amun-Ra și-au luat revanșa declarându-l pe Akhenaton eretic și încercând apoi să îndepărteze toate urmele existenței sale. Egiptenii s-au reîntors la un panteon în care zeul protector al orașului celui care a câștigat tronul a fost ridicat la rang de zeu al cerului.[35]

Un model asemănător apare și atunci când un oraș-stat cucerește un altul și se dezvoltă într-un imperiu. Adesea, cuceritorii asimilează zeii populației învinse, dar își ridică zeul local la rangul de zeu suprem, pe care îl identifică cu zeul cerului și care este în același timp zeul războiului. Venerarea zeului cerului drept protectorul lor suprem și conducător al celorlalți zei era un obicei comun în multe societăți; astfel de zei sunt Indra în India, Zeus în Grecia, Jupiter al romanilor, Thor al nordicilor și mulți alții.

Cele mai vechi texte religioase din lume sunt *Vedele* din India, probabil compilate de-a lungul a peste 2000 de ani, începând de pe la 4000 î.Hr.[i] Prima parte a textelor, cunoscută drept *karma-kanda*, conține imnuri și comentarii despre ritualuri care-i descriu pe *deva* – zei și zeițe – drept puteri elementale, conduse de Indra și incluzându-i pe Agni, zeul focului, Usha, zeița răsăritului, Surya, zeul soarelui, și Soma, zeul băuturii amețitoare (probabil halucinogenă, consumată de preoți pentru a obține viziuni).[36]

Unele școli vedice de astăzi acordă o semnificație ocultă imnurilor, spunând, de exemplu, că Indra reprezintă de fapt organele de simț și de acțiune ale omului. Astfel de afirmații nu sunt convingătoare; nu există dovezi că imnurile erau menite, la acea vreme, să fie mai mult decât sunt. Observația nu este valabilă și pentru *Upanișade*, care conțin viziuni ale înțelepților anexate de obicei *Vedelor*. Multe sunt explicit alegorice și le voi analiza într-un capitol viitor.

---

[i]) Vezi pagina 31.

În China, 60% dintre oasele oraculare găsite datează din perioada domniei lui Wu-ding (circa 1250–1192 î.Hr.). Panteonul pentru care făcea sacrificii Wu-ding era dominat de strămoșii săi direcți și de unele dintre consoartele lor, cărora li se adăugau zei ai naturii precum zeii Râului și Muntelui. Cel mai important zeu era Di (domn), care, ca și regele, deținea puterea supremă; el putea să determine rezultatul războiului, vremea, recoltele și soarta orașului capitală. Deși prinții aveau dreptul să interpreteze oasele oraculare, numai regele putea să comunice cu Di.

Dimensiunile și dispunerea mormintelor regale, bogăția podoabelor lor, incluzând urme ale numeroaselor sacrificii umane, sugerează că regele făcea legătura între oameni și lumea zeilor și că mormintele erau locuri de cult. John Lagerwey, de la Universitatea Chineză din Hong Kong, și Marc Kalinowski, de la École Pratique des Hautes Études, din Paris, susțin că venerarea strămoșilor regali, cu toate miturile și ritualurile aferente, era folosită pentru a legitima puterea regelui dinastic și pentru a controla comportamentul maselor.[37]

Încă mai întâlnim astfel de practici. În 2012, conducătorii militari ai așa-numitei republici comuniste Coreea de Nord au organizat trei zile de ritualuri publice pentru a marca succesiunea lui Kim Jong-un, Marele Succesor, după moartea tatălui său, Kim Jong-il, Iubitul Conducător, despre care se spune că s-a născut pe un munte sacru. La rândul său, acesta i-a urmat tatălui său, Kim Ir-sen, care a condus timp de 46 de ani, după ce a fost instalat de Uniunea Sovietică drept premier, iar apoi a câștigat puterea absolută ca Președinte Etern și Mare Conducător. Mormântul corpului său mumificat a fost centrul unuia dintre aceste ritualuri publice.

Un cult al strămoșilor persistă la multe populații maya de astăzi. Cât despre vechii maya, credințele lor, cunoscute din construcțiile care au rezistat, gravuri, cărți și codice, precum și din povestiri ale cuceritorilor spanioli, variază în funcție de loc, timp și dialecte, care dau denumiri diferite acelorași lucruri. Ele arată că fiecare fenomen natural de care a depins supraviețuirea lor are un spirit care a evoluat într-o zeitate (zeu sau zeiță) de o importanță variind de la un loc la altul.

După ce cuceritorii spanioli i-au forțat să accepte catolicismul, mulți maya au identificat zeii lor cu îngerii și sfinții catolici, iar zilele de sărbătoare catolice de astăzi au o formă distinctă la aceste populații. În Ziua Tuturor Sfinților și la comemorarea morții unui strămoș există obiceiul de a lăsa mâncare și băutură pe un altar din casă, dedicat unui sfânt catolic, sau la mormântul strămoșului, pentru ca spiritul care se întoarce să se hrănească.[38]

După cum am menționat în capitolul 2, monoteismul a reapărut cam la 700 de ani după Akhenaton, atunci când Iosia, regele iudeilor, a vrut să le-

gitimeze și să sanctifice unirea regatului Iuda cu regatul învins al Israelului, sub conducerea sa unică și absolută.[i]

Ca și contemporanii lor, diferitele triburi de evrei venerau mulți zei, cum ar fi Așera, Baal, Anat, El și Dagon. Biblia lor a fost scrisă după ce religia oficială a devenit un monoteism care reflecta puterea unui conducător patriarhal care-și apăra poporul, dar care se răzbuna dacă legile sale nu erau respectate. Este instructiv să vedem ce relație avea cu ceilalți zei. În unele cărți, precum în A Doua Carte a Regilor, cultul lor este condamnat și pedepsit de Domnul Dumnezeu.[39] În altele, Dumnezeul lor este descris ca fiind superior celorlalți zei, precum în Exod, când Aaron și Moise îi cer regelui Egiptului să le elibereze poporul din robie pentru că așa vrea Dumnezeu. Din porunca lui Dumnezeu, Aaron își aruncă toiagul la pământ, iar acesta se transformă într-un șarpe. Magii regelui își aruncă și ei toiegele la pământ și acestea se transformă de asemenea în șerpi. Totuși, șarpele lui Aaron îi devorează pe ceilalți, dovedind că Zeul său este mai puternic. După ce regele continuă să refuze să-i elibereze pe israeliți, Zeul lor câștigă alte câteva întreceri magice cu preoții egipteni, după care aduce mai multe plăgi asupra Egiptului și moartea primului născut al egiptenilor.[40]

În unele cărți, ceilalți zei sunt subsumați unui Dumnezeu unic. Iezechiel are o viziune a acestui Dumnezeu care strălucea ca alama în mijlocul flăcărilor și avea patru fețe: una de leu, una de taur, una de vultur și una de om (leul era simbolul totemic al zeului tribului Iuda, taurul era zeul triburilor din nord, iar vulturul, al tribului Dan).[41]

Alte cărți retrogradează zeii la o curte cerească de îngeri care îl înconjoară pe Domnul și îi aduc slavă. Isaia îi descrie ca pe niște creaturi strălucitoare cu șase aripi.[42] Alți îngeri poartă nume și au sarcini specifice, precum Gabriel, mesagerul care-i explică profetului Daniel semnificația visului său[43], Mihail, îngerul păzitor al Israelului, care ajută un alt înger să lupte cu îngerul păzitor al Persiei[44], și Satan, care pune la îndoială poruncile Domnului.[45]

CONCLUZII

1. În majoritatea timpului de când au evoluat complet din hominini, cu aproximativ 25.000 de ani în urmă, oamenii moderni au dus o viață de vânători-culegători în grupuri mici de familii extinse, în care competiția pentru supraviețuire cu alte astfel de grupuri și cu prădătorii a dus la o rată crescută a mortalității.
2. Primele licăriri ale conștiinței reflexive au evoluat lent până acum circa 10.000 de ani, când oamenii au inventat agricultura ca un mod

[i]) Vezi pagina 37.

mai eficient de a-şi asigura existenţa şi au înţeles beneficiile cooperării, stabilind comunităţi mai mari în sate agricole. Această dezvoltare s-a petrecut în locuri şi în momente diferite, iar în unele locuri nu s-a petrecut niciodată.

3. Odată cu apariţia mai multor oportunităţi de a reflecta şi a transmite ideile prin desen, vorbire, scriere, oamenii din aceste comunităţi ale satelor agricole au cooperat inventând tehnologii cu ajutorul cărora şi-au îmbunătăţit şi şi-au extins culturile şi de asemenea au cooperat cu alte aşezări pentru a face schimb de bunuri şi de idei, ceea ce a dus la creşterea dimensiunii şi complexităţii aşezărilor lor.
4. Deşi cooperarea începuse să evolueze, a avut de înfruntat instinctul de competiţie, fixat în istoria de milioane de ani a strămoşilor preumani, ceea ce a dus la lupte pentru controlul acestor aşezări şi al terenurilor lor agricole, precum şi al celorlalte resurse din interiorul şi din exteriorul aşezărilor. Au rezultat o centralizare şi o întărire a colaborării.
5. Pe măsură ce aceste aşezări s-au extins, s-a dezvoltat o ierarhie socială care reflecta diversele tipuri de abilităţi transmise de la părinţi la copii şi care era formată de obicei din conducător, preoţi, războinici, negustori şi meşteşugari, agricultori şi sclavi. S-au dezvoltat apoi oraşe conduse autocratic, oraşe-state şi în final imperii care au înflorit şi au decăzut. Modelul general pe tot globul a fost acela al unei creşteri în dimensiuni, complexitate şi centralizare a societăţilor umane.
6. Evoluţia gândirii primitive a fost intim legată de evoluţia credinţelor superstiţioase care au apărut din imaginaţie combinată cu o lipsă a înţelegerii fenomenelor naturale şi cu frica de necunoscut. Pornind de la animism, totemism şi cultul strămoşilor, specifice vânătorilor-culegători, credinţele au dat naştere unor religii[i] organizate care reflectau creşterea în dimensiuni, complexitate, structură şi specializare a societăţilor umane. Acestea au evoluat de la venerarea unei zeiţe a fertilităţii la politeism şi la un panteon condus de un zeu puternic al cerului şi al războiului, ajungând în cele din urmă la un monoteism patriarhal în care ceilalţi zei au fost subsumaţi unui singur Zeu sau decăzuţi la statutul de îngeri.
7. Folosind conştiinţa reflexivă pentru a crea tehnologii de supravieţuire şi reproducere şi pentru a influenţa forţele supranaturale despre care se credea că determină aceşti factori, gândirea primitivă a pus bazele artei, muzicii, limbajului vorbit şi scris, matematicii şi astronomiei.
8. Cu toate că multe idei şi invenţii s-au răspândit şi s-au dezvoltat prin transmitere culturală, există cazuri evidente de evoluţie convergentă

[i]) Vezi glosarul pentru sensul termenului *religie* în această carte.

sau paralelă, demonstrate de evoluția independentă a scrierii, astronomiei și sistemelor de numărare.

9. Prima fază a evoluției umane, gândirea primitivă, a fost deci caracterizată de imperativele supraviețuirii și reproducerii, de dominația instinctului competiției, adânc înrădăcinat, asupra cooperării, apărută recent, și de superstiții.

Figura 27.1 oferă o reprezentare simplificată a evoluției unora dintre principalele direcții ale gândirii primitive în urma apariției conștiinței reflexive. Nu este o diagramă obișnuită de tip arbore, precum arborele genealogic, cu relații bine stabilite, ci o imagine bidimensională a unui proces dinamic tetradimensional, ale cărui ramuri și subramuri nu numai că se schimbă în timp – dezvoltându-se, ramificându-se sau ofilindu-se și murind –, dar interacționează cu alte ramuri pentru a se amesteca, a se transforma sau a genera o nouă ramură.

De exemplu, imaginația – abilitatea minții de a forma imagini, senzații și idei nemaivăzute sau trăite până atunci – nu numai că a dat naștere credințelor superstițioase, precum credința într-un spirit cu trup de om și cap de leu, dar a interacționat cu creativitatea pentru a produce noi lucruri practice, precum roata, în timp ce creativitatea a dat naștere și unor lucruri nepractice, precum arta abstractă.

Inventivitatea – abilitatea de a face lucruri noi – a rezultat, poate, din interacțiunea creativității și imaginației, dar ar fi putut fi și rezultatul experimentării, precum încercarea și eroarea în amestecarea cuprului și staniului lichide în diferite proporții pentru a produce un aliaj, bronzul, cu proprietăți superioare, folosit în confecționarea de unelte sau arme.

În figura 27.1 este cuprins și instinctul, care s-a înrădăcinat în istoria de milioane de ani a strămoșilor noștri hominizi.

instinct Reacție înnăscută și impulsivă la stimuli determinată de obicei de necesități biologice cum ar fi supraviețuirea și reproducerea.

Acesta nu a pierit odată cu apariția conștiinței reflexive, care l-a deosebit pe *Homo sapiens* de celelalte specii. Dimpotrivă, chiar și astăzi instinctele rămân un factor important și trebuie luate în seamă atunci când încercăm să înțelegem comportamentul uman.

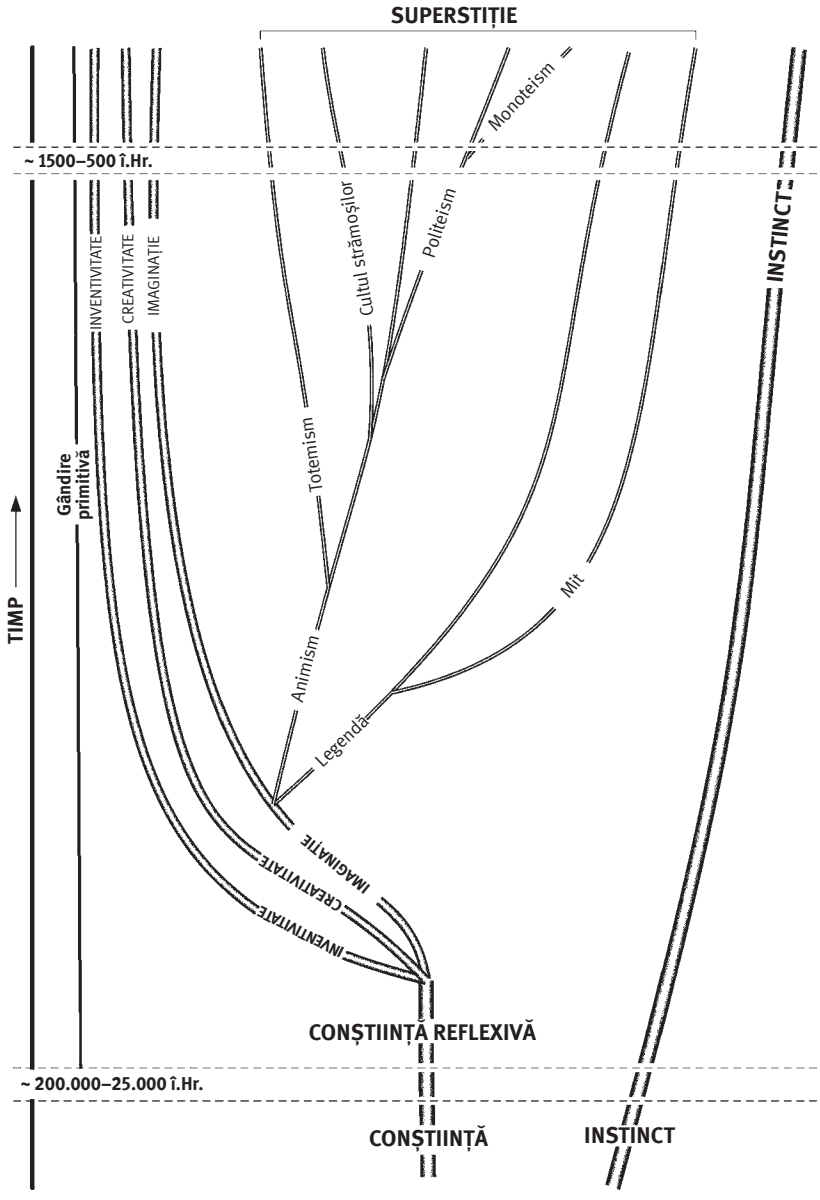


Figura 27.1 Evoluția principalelor ramuri ale gândirii primitive. Spre deosebire de o diagramă obișnuită de tip arbore, cu relații fixe, aceasta este o imagine simplificată a unui proces tetradimensional dinamic și interactiv. Nu este construită la scară, iar datele se bazează pe cele mai bune estimări.

CAPITOLUL 28

Evoluția omului 2: gândirea filozofică

> Există un singur lucru la care filozofii se pricep cu siguranță, anume să-i contrazică pe alți filozofi. —William James, 1904

> Disputa este o dovadă că nu vezi limpede.
> —atribuită lui Zhuangzi, cca sec. al IV-lea î.Hr.

A doua fază a evoluției umane începe atunci când reflecția despre sine și despre relația sinelui cu restul universului se desprinde de superstiție și devine filozofie.

În loc să adopt una dintre numeroasele definiții ale filozofiei folosite în Occident, voi folosi, din nou, o definiție care păstrează sensul originar al cuvântului.

> **filozofie** Iubirea de înțelepciune; gândirea despre realitatea fundamentală, esența și cauzele lucrurilor, lumea naturală, comportamentul uman și gândirea în sine.

O carte, și cu atât mai puțin un capitol, nu poate acoperi evoluția întregii gândiri filozofice. Mă voi concentra pe acele părți relevante pentru răspunsul la întrebarea centrală a acestei investigații: ce suntem și de unde am venit?

APARIȚIA GÂNDIRII FILOZOFICE

Bertrand Russell nu avea îndoieli cu privire la originea filozofiei.

> [Grecii] au inventat matematica și știința filozofiei. [...] Filozofia începe cu Thales, despre care, din fericire, știm exact când a trăit, deoarece a prezis o eclipsă care, conform astronomilor, a avut loc în anul 585 î.Hr. Filozofia și știința – care inițial nu erau separate – s-au născut împreună, la începutul secolului al VI-lea.[1]

După cum am arătat în capitolul 27, Russell s-a înșelat în legătură cu originea matematicii și astronomiei. Faptul că s-au dezvoltat în scopuri practice sau pentru a susține credințele superstițioase precum astrologia nu face

mai puțin importantă existența lor cu mai mult de o mie de ani înaintea grecului Thales.

Dacă Thales a prezis într-adevăr o eclipsă de soare – ceea ce este foarte îndoielnic –, probabil că s-a folosit de hărțile cerești babiloniene, dacă nu chiar de predicțiile babiloniene, așa cum voi arăta mai târziu. Totuși, perspectiva lui Russell asupra originilor filozofiei persistă și astăzi în Occident.

Având în vedere că Russell scria *O istorie a filozofiei occidentale*, probabil că poate fi scuzat. Pe coperta ediției mele din *The Oxford Companion to Philosophy* se spune că: „Acoperă întreaga istorie a filozofiei, din toată lumea." Totuși, din cele 1922 de intrări, 22 (adică 1%) se referă la India, 10 (0,5%) la China și 10 (0,5%) la Japonia, adică numai aproximativ 2% sunt dedicate principalelor centre filozofice ne-europene.

Se mai spune, tot acolo, că:

> Primii trei filozofi universal recunoscuți – Thales, Anaximandru și Anaximene – veneau din Milet, un oraș grecesc prosper.[2]

Pentru a descoperi când, unde și cum a apărut gândirea filozofică, trebuie să abandonăm eurocentrismul.

India[3]

Cele mai vechi exemple cunoscute de gândire filozofică sunt cuprinse în *Upanișadele* din India antică, despre care filozoful german Arthur Schopenhauer spunea că „din fiecare frază răsar gânduri profunde, originale și sublime"[4].

Ele erau de obicei atașate la sfârșitul *Vedelor*, imnuri către zei și ritualuri asociate, descrise în capitolul 27. Consemnează viziunile înțelepților, iar scopul lor, după spusele lui Eknath Easwaran, un traducător modern, este acela:

> de a descoperi cu certitudine cine suntem, ce este universul și care este însemnătatea scurtei drame a vieții și morții pe care o jucăm pe fundalul eternității[5],

ceea ce are o relevanță directă pentru întrebarea prezentei investigații.

S-au scris în continuare *Upanișade*, dar cele mai vechi, în special cele zece comentate de filozoful și învățătorul Adi Shankara (cca 788–820 d.Hr.), sunt în general considerate cele mai importante. Deși fiecare dintre ele este diferită, toate au în comun două viziuni fundamentale: *sarvam idam brahma* (totul este Brahman) și *ayam atma brahma* (Sinele – notat cu litera S mare pentru a semnifica Sinele esențial, diferit de sinele fenomenologic sau de personalitatea individuală – este Brahman). Această identitate – răspunsul *Upanișadelor* la întrebarea autoreflexivă crucială *ce sunt eu?* – este exprimată

succint prin *tat tvam asi* (Tu eşti Acela, unde Tu este conştiinţa pură „care face ochiul să vadă şi mintea să gândească", adică Sinele, iar Acela este realitatea fundamentală, indescriptibilă, Brahman).

Upanişadele folosesc în mod variat metafora, comparaţia, alegoria, dialectica şi experimentul de gândire pentru a reda înţelesul, altminteri inefabil, al lui Brahman. Acesta poate fi exprimat drept Conştiinţa Cosmică, din care izvorăsc toate lucrurile şi din care sunt alcătuite toate lucrurile; este transcendent, existând fără de formă, dincolo de spaţiu şi timp şi, totodată, imanent în fenomenele percepute de cele cinci simţuri fizice şi de mintea noastră, instrumentul nostru principal de percepţie.

Conform *Upanişadelor*, antrenându-ne mintea, prin meditaţie disciplinată, să se concentreze pe obiectul interior al contemplaţiei până când acesta este absorbit de ea putem să dobândim înţelegerea acestei realităţi fundamentale.

Spre deosebire de mărturiile despre filozofii greci din Antichitate, despre *Upanişade* există mărturii directe. Estimarea vechimii acestor texte sanscrite variază totuşi. Pe baza formei lor literare, Michael Nagler, profesor emerit de literatură clasică şi comparativă la Universitatea din California, Berkeley, apreciază că nu au fost scrise înainte de 600-400 î.Hr., dar menţionează că tradiţia orală pe care se sprijină *Upanişadele* este mult mai veche decât forma lor scrisă.[6] Jitendra Nath Mohanty, profesor emerit de filozofie la Universitatea Temple, estimează că textele datează din perioada 1000–500 î.Hr.[7], în timp ce Arindam Chakrabarti, profesor de filozofie la Universitatea din Hawaii, spune că ele au fost compilate între anii 1000 şi 900 î.Hr.[8] David Frawley, co-director al Institutului de Studii Vedice din SUA, este de acord cu cercetătorii indieni care susţin că sanscrita s-a dezvoltat din una sau mai multe limbi indigene mai degrabă decât să fi fost importată de arieni, care au invadat din nord; el datează textele în perioada 2000–1500 î.Hr.[9]

D.S. Sarma, autorul unei antologii a *Upanişadelor*, spune că înţelepţii care dădeau învăţături în *ashram*-urile din păduri

> îşi asumau măreaţa misiune de a transforma un tip relativ inferior de religie sacrificială, dominantă la vremea aceea, într-o mare religie mistică, adevărată pentru toate timpurile.[10]

Acest fapt ilustrează un tipar general. Emergenţa este un proces gradual, şi cea mai veche gândire filozofică se întrepătrunde inevitabil cu rădăcinile superstiţiei din care s-a ramificat.

China[11]

Gândirea filozofică a apărut în China cam în secolul al VI-lea î.Hr., în timpul dezintegrării imperiului Zhou de Răsărit, şi a înflorit, în mare parte, ca răspuns la haosul şi violenţa din perioada Statelor Combatante.

Toți filozofii chinezi antici credeau în Tian și îi aduceau sacrificii; Tian e tradus prin Cer, Paradis sau Natură. Totuși, ei își foloseau mai mult rațiunea și intuiția, nu o pretinsă revelație divină, pentru a ajunge la ideile lor etice (care le includeau și pe cele politice) și metafizice. În acest sens, au început să se îndepărteze de gândirea primitivă a culturii lor.

Cei mai mulți dădeau învățături despre Dao – Calea sau Drumul de urmat –, dar înțelegeau și interpretau acest Dao în mod diferit. Istoricii dinastiei Han din perioada ei târzie au clasificat numeroasele școli filozofice în diverse tradiții. Cele trei tradiții principale sunt confucianismul, mohismul și daoismul.

Prima își trage numele de la Confucius, numele latinizat al lui K'ung Fu-tzu, care înseamnă Maestru K'ung. Tradiția spune că s-a născut în jurul anului 551 î.Hr. și a fost ministru la curtea ducelui din Lu, un stat din imperiul Zhou de Răsărit. Ideile care i se atribuie sunt cuprinse în *Analecte*, o scurtă colecție de dialoguri cu discipolii săi, compilată, se pare, într-o perioadă de treizeci-patruzeci de ani, de primele două generații de discipoli. Alte direcții ale confucianismului s-au dezvoltat mai ales în *Cartea lui Mencius*, latinizarea numelui lui Meng-tzu (371–289 î.Hr.), discipol al nepotului lui Confucius, care a fost mai târziu recunoscut drept adevăratul transmițător al filozofiei confucianiste.

Pentru confucianism, calea pentru reinstaurarea stabilității sociale și guvernării drepte era reprezentată de valorile tradiționale. Are în centru etica, în special relația dintre conducător și supuși, dintre părinte și copii, dintre fratele mai mare și fratele mai mic, dintre soț și soție, dintre prieteni. Aceste cinci tipuri de relații trebuie să se bazeze pe reciprocitate. „Să nu faci altora ceea ce nu dorești să ți se facă ție"[12], o versiune a ceea ce va fi cunoscut mai târziu drept regula de aur, pentru care au pledat mulți gânditori ai lumii antice. Această recomandare etică trebuie cultivată prin respectarea etichetei și ritualului.

Mohismul, școala care a urmat gândirea lui Mozi (cca 490–403 î.Hr.), se opune folosirii valorilor tradiționale precum Dao, deoarece ele s-au schimbat și nu mai sunt de încredere. Valorile etice sunt constante ale lui Tian, Natura, care manifestă o grijă imparțială pentru toți. Abordarea lui Mozi în determinarea Căii etice era una pragmatică. El susținea că orice acțiune trebuie măsurată pentru a stabili câte beneficii și câte daune provoacă. Printre concluziile sale se numără împotrivirea față de agresiunea militară și rănirea altora și susținerea unui stat guvernat de un suveran mărinimos și administrat de o meritocrație. Ideile mohiste au stimulat gândirea altora, precum Mencius, iar multe dintre ele au fost absorbite în confucianism.

Primii gânditori daoiști, ca și înțelepții din *Upanișade*, s-au concentrat, dimpotrivă, pe realitatea fundamentală, ceea ce se reflectă în sfaturile lor cu privire la comportamentul uman.

Primul și cel mai important text daoist este *Laozi*, sau Bătrânul Maestru, după legendarul său autor, despre care se spune că era un contemporan mai în vârstă al lui Confucius. În Europa, colecția de aforisme este cunoscută sub titlul *Cartea despre Dao și putere*. A doua carte de căpătâi, mai lungă decât prima, este tratatul *Zhuangzi*, numit astfel după autorul său, despre care se spune că ar fi trăit la aproximativ două sute de ani după Laozi. Cercetătorii moderni sugerează că *Laozi* și *Zhuangzi* sunt probabil colecții de idei compilate de diverși autori din diverse timpuri; era o practică frecventă în culturile antice ca discipolii unui învățător să-i atribuie fondatorului școlii vederile lor.

În aceste texte, Dao este Calea prin care au apărut toate lucrurile din univers și care susține totul. Este realitatea fundamentală, inefabilă, la fel ca Brahman, dar se manifestă prin felul în care funcționează lumea naturală. Această calitate dinamică demonstrează fluxul continuu și schimbul, într-un ciclu fără de sfârșit, dintre două forțe opuse care constituie un întreg, simbolizate prin *yin* cel întunecat și *yang* cel strălucitor în diagrama chineză antică a Realității Fundamentale (vezi figura 28.1).

Avându-și originea, cel mai probabil, în tiparele ciclice din natură, precum ziua și noaptea, *yin* și *yang* dau naștere tuturor celorlalte opoziții pe care le percepem: iarnă și vară, femelă și mascul, Pământul – întunecat, receptiv, feminin – dedesubt și Cerul – strălucitor, puternic, masculin – deasupra etc.

Figura 28.1 Realitatea fundamentală, simbolizată prin întunecatul *yin* și strălucitorul *yang* O simetrie prin rotație, dinamică, în care fiecare din cele două puncte indică faptul că o forță conține în sine sămânța forței opuse; când o forță atinge extrema, sămânța forței opuse crește în timp ce ea însăși descrește, până când forța opusă atinge extrema și așa mai departe, la nesfârșit.

Pentru a atinge starea ideală de existență, ar trebui să ne armonizăm viața cu Dao. Urmarea acestei Căi sau legi universale este similară cu Dharma din hinduism și budism, despre care voi vorbi mai târziu.

Aceste prime idei daoiste au izvorât din intuiție. *Zhuangzi* respinge explicit raționamentul:

> Cea mai largă cunoaștere nu o cunoaște neapărat; judecata nu-i va face pe oameni s-o înțeleagă mai bine. Înțelepții au hotărât împotriva acestor două metode.[13]

Europa[14]

În Europa gândirea filozofică a început în secolul al VI-lea î.Hr. cu grecii antici. Voi reconstitui apariția sa urmând convenția arbitrară de a-i lua în considerare pe gânditorii dinaintea lui Socrate, care și-a lăsat amprenta un secol mai târziu. Locul unde a început totul este Ionia, o fâșie îngustă din ceea ce este astăzi coasta de vest a Turciei, care fusese colonizată de greci.

Cât despre motivul pentru care acesta este locul unde a început totul, nu putem decât specula. Cea mai plauzibilă explicație este că Miletul era un port maritim al Ioniei, unul dintre cele mai prospere orașe din acele vremuri, care avea schimburi intense de mărfuri și legături culturale cu Egiptul, Babilonul și alte regiuni din Orient. Cel mai probabil matematicile și astronomia din Egipt și Babilon au ajuns în Milet și de acolo în restul Ioniei, ca un produs secundar al comerțului. Acestea i-au stimulat pe ionieni, aflați la distanță de tradiția religioasă a Greciei continentale, să-și dezvolte propriile idei.

Russell nu aduce dovezi în sprijinul afirmației că primul filozof a fost Thales din Milet. Acest lucru nu este surprinzător. Nu a supraviețuit nimic din ce e posibil să fi scris Thales. Trebuie să-i dăm crezare lui Aristotel, care două secole mai târziu spune că Thales, Anaximandru și Anaximene din Milet au fost primii *physici*, care au dat explicații naturale lumii, distincte de cele date de *theologi*, care credeau că totul se datorează acțiunii zeilor impetuoși. Se pare totuși că Aristotel nu avea scrieri pe care să-și bazeze afirmațiile că Thales ar fi fost fondatorul filozofiei naturale.

După spusele sale, Thales ar fi afirmat că totul este făcut din apă și că magneții sunt vii (sau au un suflet, *psyché*, ceea ce înseamnă cam același lucru), deoarece fac fierul să se miște. Surse de mai târziu, precum puțin credibilul Diogene Laertius, care a scris la 800 de ani după Thales, bazându-se pe surse secundare din care nu s-a păstrat nimic, îi atribuie lui Thales nu numai prima predicție a unei eclipse solare, ci și alte lucruri neplauzibile, dacă nu de-a dreptul greșite.

O parte dintr-o frază a lui Anaximandru a supraviețuit aproape o mie de ani, reluată de neoplatonicianul Simplicius, care-l citează pe Teofrast, prin-

cipalul discipol al lui Aristotel şi cel care i-a urmat în 322 î.Hr. la conducerea Lyceum-ului din Atena. Anaximandru îşi exprima ideile în limbajul poetic al mitologiei greceşti. Ideea atribuită lui Anaximandru de către Simplicius şi alte surse terţiare este că *arché* sau elementul principal al universului nu este apa, cum credea Thales, ci *ápeiron*, „ceea ce este nemărginit", ceea ce nu are calităţi observabile de sine stătătoare, dar dă naştere tuturor fenomenelor observabile.

Prima care apare este opoziţia dintre fierbinte şi rece, acestea fiind încleştate într-o luptă supravegheată de Timp, în care fiecare o invadează pe cealaltă şi astfel se revanşează pentru „nedreptatea" pe care i-a pricinuit-o. A fost interpretată ca o luptă a contrariilor fundamentale într-un ciclu nesfârşit, în care principiul dominant cedează locul celuilalt, alternativ, generând toate celelalte contrarii, la fel ca *yin* şi *yang* din daoismul chinez.

Din lucrările celui de-al treilea filozof din Milet, Anaximene, nu s-a păstrat nimic. Şi aici trebuie să dăm crezare unor surse terţiare, în special lui Simplicius, care spun că pentru el *arché* sau elementul principal al universului nu era nici apa lui Thales, nici nemărginirea neobservabilă a lui Anaximandru, ci aerul, care susţine Pământul. Se pare că e vorba de aer în sensul de *psyché*, care înseamnă în acelaşi timp răsuflare şi suflet sau forţa dătătoare de viaţă, aşa cum am văzut mai devreme în miturile homerice. În forma sa cea mai rarefiată acesta este focul, în forma obişnuită este aerul pe care-l cunoaştem, dar, condensându-se tot mai mult, se transformă în vânt, nor, apă, pământ şi piatră. Mişcarea constantă determină aceste rarefieri şi condensări.

Patru secole mai târziu, Cicero susţinea că Pitagora (cca 570–500 î.Hr.) a fost primul care a folosit termenul de filozof (*philósophos*, iubitor al înţelepciunii) atunci când s-a prezentat lui Leon, conducătorul din Phlius. Pitagora era ionian, dar a fondat o şcoală în Crotona, o colonie grecească din sudul Italiei. Potrivit lui Russell

> Elementul mistic a intrat în filozofia greacă odată cu Pitagora, care a fost un reformator al orfismului aşa cum Orfeu a fost un reformator al religiei lui Dionysos. De la Pitagora elementele orfice au intrat în filozofia lui Platon şi de la Platon în orice filozofie care era într-o oarecare măsură religioasă.[15]

Dificultatea în discernerea adevărului de mit în cazul lui Pitagora constă în faptul că nu s-a păstrat nimic din scrierile lui, iar pitagoreicii, cult secret, ascetic, fondat sau inspirat de Pitagora, i-au atribuit lui toate ideile lor, inclusiv, foarte probabil, teorema geometrică ce-i poartă numele.

Pitagoreicii credeau că sufletul este etern şi se reîncarnează în toate formele de viaţă. Eliberarea din reîncarnare şi reunirea cu zeitatea din care au

izvorât toate formele de viață pot fi obținute printr-o viață de contemplație și cercetare. Pitagoreicii au păstrat distincția orfică între ceea ce poate fi învățat despre lume cu ajutorul organelor de simț și cunoașterea pură, obținută de suflet, adică prin intuiție. Cercetând geometria, muzica și corpurile cerești, se ajunge la revelarea principiilor divine care conduc universul, despre care pitagoreicii credeau că sunt exprimate prin numere și prin relațiile dintre ele, deși nu există dovezi că ar fi făcut observații detaliate asupra stelelor sau că ar fi dedus matematic relațiile dintre ele, așa cum au făcut în legătură cu gamele muzicale.

Heraclit (cca 540–475 î.Hr.) s-a născut în Efes, unul dintre cele douăsprezece orașe ale Ligii Ionice cucerite de perși la mijlocul secolului al VI-lea î.Hr. Cele aproximativ 130 de fragmente care s-au păstrat din lucrările sale cuprind aforismele enigmatice ale unui mistic care credea că ceea ce are el de spus depășește limitele limbajului uman. Mijlocul său de a înțelege universul era introspecția, iar intuițiile sale seamănă mult cu cele ale misticilor orientali. Pentru el, universul este un tot care a existat dintotdeauna. Constă în contrarii percepute cu ajutorul simțurilor, care alternează și se înfruntă mereu, dar aceste contrarii sunt într-un fel unul și același lucru, deoarece toate lucrurile sunt unul, *lógos*-ul sau principiul călăuzitor al universului. Acesta este echivalent cu Dao, care dă naștere alternanței dintre *yin* și *yang* și dintre celelalte contrarii.

Fluxul lumii fenomenologice este determinat de *aéizoon pyr* (focul de-a pururi viu) care transformă. Acesta este asemănător cu *prana*, energia vitală despre care vorbesc *Upanișadele*, substratul esențial al tuturor formelor de energie.

Parmenide, născut în jurul anului 510 î.Hr. în colonia grecească Elea, din sudul Italiei, și discipolii săi au contrazis ideea schimbării constante. Din cele aproximativ 150 de versuri care s-au păstrat din poemul său *Despre natură* reiese că vorbea despre o realitate („ceea ce există“) care era una, nesfârșită, completă și neschimbătoare. Nu există „ceea ce nu există“ (neantul). Ca atare, ceea ce există nu poate veni din ce nu există și deci nu se pune problema creației. Atâta vreme cât neantul nu există, pentru ca ceea ce există să se mute în neant, nu este posibilă mișcarea sau schimbarea. Ceea ce percepem drept schimbare este o iluzie creată de cele cinci simțuri ale noastre.

Această viziune a fost apărată de discipolul lui, Zenon, printr-o serie de paradoxuri provocatoare. De exemplu, la orice moment în timp după ce o fost trasă o săgeată în aer, aceasta este staționară. Zborul ei este alcătuit dintr-o serie de momente staționare. Deci săgeata este staționară.

Din următoarea generație, Empedocle (cca 492–433 î.Hr.), care venea din Acragas, de pe coasta de sud a Siciliei, a fost, conform unor surse secundare și terțiare, un personaj plin de culoare, care susținea că a devenit divin după

mai multe reîncarnări. Se pare că a spus că totul e făcut dintr-un amestec a patru elemente ireductibile – pământ, aer, foc și apă – care se combină prin forța iubirii dintre ele și se separă prin forța înfruntărilor dintre ele.

Anaxagoras (cca 500–428 î.Hr.) a adus tradiția gânditorilor ionieni la Atena pe la anul 460 î.Hr. El a locuit acolo în jur de 30 de ani, fiind prieten al lui Pericle, după care a fost acuzat de impietate deoarece a negat că corpurile cerești ar fi zei ce trebuie venerați. Stelele, spunea el, sunt făcute din pietre strălucitoare. Refuza superstițiile și era vestit pentru că ar fi susținut că o Minte universală (*nous*, care se mai poate traduce și ca rațiune) a pus ordine în materia primordială nediferențiată și controlează toate procesele naturale.

Leucip este considerat fondatorul școlii atomiste; în afară de asta știm puține lucruri despre el. Democrit (cca 460–370 î.Hr.) a dezvoltat ideea că în cosmos totul e alcătuit din diferite tipuri de entități ireductibile numite atomi. În greacă acest cuvânt înseamnă „ceea ce nu poate fi tăiat"; este un răspuns la paradoxurile lui Zenon, care depind de infinita divizibilitate.

Atomii se găsesc într-o mișcare haotică neîncetată în vid. În urma unor ciocniri întâmplătoare, atomii se unesc unii cu alții și produc astfel toate fenomenele – atât fizice, cât și mentale – pe care le percepem. Dar unirea lor e doar temporară, în cele din urmă se descompune în atomi separați. După părerea lui, nu există loc pentru un zeu creator sau pentru un principiu călăuzitor al naturii sau pentru nemurirea sufletului; totul în cele din urmă se reduce la atomi, iar moartea este o anihilare totală. Într-un univers infinit lumea noastră este una dintre multele lumi posibile, una în care condițiile sunt propice vieții. Aceste idei prefigurează speculațiile moderne despre multivers.

Pentru Democrit, ideea atomistă avea implicații etice și medicale. Atomii din care e formată mintea (echivalentă cu sufletul) devin dezordonați și agitați din cauza patimilor; prin urmare, fericirea unui individ ar fi rodul moderației, calmului și absenței dorințelor perturbatoare. De asemenea, această recomandare este considerată necesară pentru ca o civilizație să înflorească și pentru prevenirea decăderii la barbarie. Și sănătatea fizică depinde de echilibrul atomilor care alcătuiesc corpul.

Orientul Mijlociu[16]

Psihiatrul și filozoful german Karl Jaspers (1883–1969) a inventat termenul „Epoca Axială" pentru a descrie perioada cuprinsă între anii 900 și 200 î.Hr., în cursul căreia au apărut în mod independent revoluții ale gândirii asemănătoare între ele în India, China, Grecia și Orientul Mijlociu. Citând câțiva dintre gânditorii despre care am vorbit și voi continua să vorbesc în secțiunea următoare legată de evoluția filozofiei, Jaspers îi adaugă pe profeții Ilie, Isaia, Ieremia și pe Zoroastru.

Scopul lui Ilie este să-i îndepărteze pe israeliți de la adorarea unor zei falși precum Baal și să-i convingă să-l venereze numai pe Iahve. Conform Bibliei ebraice, Ilie dovedea puterea acestuia aducând morții la viață, trimițând foc pe pământ din ceruri și înălțându-se la ceruri într-un car de foc. Isaia și Ieremia pledau amândoi mai curând pentru pace și dreptate decât pentru război, iar acestea puteau fi dobândite numai căutând mijlocirea lui Dumnezeu.

Zoroastru, preot și profet, a creat în Persia o religie care-i poartă numele. El predica existența unui dualism între două puteri primare aflate în conflict în această lume: Binele, personificat de zeul Ahura Mazda, și răul, personificat de Angra Mainyu, care puteau sau nu să fie frați gemeni (textele zoroastriene diferă în această privință). Zoroastru pleda pentru slăvirea numai a lui Ahura Mazda și folosirea numai a gândurilor, cuvintelor și faptelor bune, pentru a se ajunge la triumful Binelui.

În timp ce pledoaria lor pentru comportamentul drept, pentru dreptate și pentru pace se afla în opoziție cu lupta predominant agresivă pentru dominație și teritoriu, izvorâtă din competiție, gândirea fiecăruia dintre acești patru profeți e circumscrisă de credința într-un zeu sau Dumnezeu intervenționist și de cultul lui. Nici una dintre aceste viziuni nu reprezintă o încercare de a depăși gândirea primitivă.

America Centrală

Nu cunosc nici o încercare a populațiilor indigene din America Centrală sau din celelalte Americi de a depăși gândirea primitivă, timp de secole după ce au fost cucerite de europeni.

EVOLUȚIA GÂNDIRII FILOZOFICE

India[17]

Gândirea filozofică din India a început să evolueze încă de când se lupta să se desprindă din rădăcinile sale primare. S-a separat în principal în șase tradiții hinduse ortodoxe și o mișcare care a respins credințele religioase și ritualurile și din care s-au mai ramificat două tradiții.

Tradițiile filozofice hinduse ortodoxe

Cuvântul „hindus“ derivă din vechiul termen persan pentru Indus și probabil se referea la populațiile din Valea Indului și la urmașii lor. Am folosit cuvântul „ortodox“ pentru a numi diversele tradiții corelate care, în termeni generali, împărtășesc cultul pentru *Vede* și cele trei credințe: realitatea fundamentală este Brahma sau Conștiința Cosmică, identică cu sufletul individual sau Sinele (Atman); toate creaturile sunt prinse în *samsara*, un ciclu nesfârșit al nașterii, suferinței, morții și renașterii în concordanță cu

karma, principiul prin care datoriile morale ale individului din viețile anterioare îi determină viața actuală; și există posibilitatea de a atinge *moksha* sau eliberarea din acest ciclu de reîncarnări.

Fiecare tradiție s-a ramificat în mai multe școli, care susțineau poziții contradictorii cum ar fi dualismul și monismul, dacă Brahma este sau nu Zeul și existența zeilor ca realități sau aspecte ale Zeului.

Shramana

Shramana era o mișcare destul de neclar definită, constituită din mai mulți înțelepți care căutau experiența interioară directă, cel mai adesea renunțând la viața în societate și practicând ascetismul. Doi dintre ei au câștigat mulți adepți și au devenit tradiții în sine.

Jainismul

Prima dintre ele este jainismul, a cărui figură principală, Vardhamana, era cunoscut drept Mahavira sau Marele Erou. Conform tradiției, s-a născut în anul 599 î.Hr. și a fost prinț al statului numit astăzi Bihar, din estul Indiei, traversat de Gange. La vârsta de 30 de ani, Mahavira a renunțat la lume și a devenit un înțelept pribeag. Doisprezece ani mai târziu a ajuns la o asemenea iluminare, încât a fost recunoscut drept Tirthankara, literal „Făcător de vad", o ființă iluminată care îți arată cum să treci râul reîncarnării spre starea de eliberare eternă a sufletului.

Canonul jainist, păstrat într-un străvechi dialect prakrit, dar trecut în forma scrisă numai după câteva sute de ani, susține că Mahavira a fost cel de-al 24-lea și ultimul Tirthankara al acestui semiciclu al cosmosului etern.[i] El susținea aplicarea intuiției sale etice, care necesită un ascetism extrem și nonviolență, pentru atingerea eliberării de reîncarnare.

Ca și alți înțelepți, Mahavira a atras discipoli, dar numai după ce Chandragupta, fondatorul imperiului Maurya, s-a convertit la jainism, așa cum au făcut și alți regi din Gujara. Jainismul s-a transformat într-o tradiție majoră care are astăzi aproximativ șase milioane de adepți, în special în India. Preoții și călugărițele adoptă un stil de viață extrem, propovăduit de Mahavira, în timp ce adepții de rând jură să practice jainismul cât de bine pot văzându-și în același timp de ocupațiile lor.

Pentru a reconcilia școlile filozofice aflate în dispute fără sfârșit, discipolii jainismului au dezvoltat ideea nonexclusivismului, un sistem logic ce recunoaște șapte valori ale adevărului: adevărat, fals, indecis și patru combinații ale acestora trei. Au dezvoltat de asemenea o teorie metafizică conform căreia lucrurile au infinite aspecte, astfel încât nici o explicație nu este cu totul adevărată și nici una cu totul falsă.

[i]) Vezi pagina 33 pentru credința jainistă legată de ciclurile cosmosului.

De-a lungul secolelor s-a produs o ruptură majoră între „cei îmbrăcați în cer“ sau „cei goi“ și „cei îmbrăcați în alb“. Fiecare dintre aceste comunități s-a ramificat mai departe, păstrând veneraţia pentru întregul lanț de Tirthankara reali și mitici, care apoi s-a dezvoltat în cult, unele secte încorporând în panteonul lor zeități precum Rama și Krishna.

Budismul

A doua dintre aceste tradiții Shramana majore a fost budismul, întemeiat de Siddhartha Gautama. Separarea faptelor de miturile care au apărut după moartea unui lider spiritual carismatic este întotdeauna dificilă, dar mai ales în acest caz.

Putem să considerăm că Siddhartha a fost fiul conducătorului populației Shakya, așezată la poalele Himalayei, în Nepalul de astăzi. Tradiții diferite dau date de naștere diferite. Cercetătorii europeni stabiliseră anul 566 sau 563 î.Hr., dar studii mai recente indică o dată cuprinsă între 490 și 480 î.Hr.

La vârsta de 29 de ani, Siddhartha și-a părăsit viața de lux, soția și copilul și a trăit ca un cerșetor pribeag pentru a încerca să înțeleagă suferințele fizice și mentale pe care le văzuse și cum pot fi alinate.

Se pare că a studiat meditația cu diferiți învățători și o perioadă a practicat jainismul sau măcar o viață de ascetism sever, dar a considerat-o prea dură. Conform scrierilor budiste, la vârsta de 35 de ani s-a așezat sub un smochin indian și a jurat să nu se miște de acolo până când nu găsește un răspuns la întrebarea sa. Meditația i-a oferit intuiția cunoscută acum drept Cele Patru Adevăruri Nobile:

1. Toata viața umană este suferință (*duhkha*).
2. Suferința este provocată de dorință, mai ales de dorința de senzații plăcute.
3. Suferința poate să înceteze prin încetarea dorinței.
4. Dorința poate fi învinsă urmând Nobila Cale Octuplă: înțelegerea corectă, gândirea corectă, vorbirea corectă, acțiunea corectă, existența corectă, efortul corect, atenția corectă și concentrarea corectă.

Urmarea acestei căi conduce la eliberarea de suferință și de ciclul reîncarnării. După acest moment, Siddhartha Gautama a fost cunoscut sub numele de Buddha sau Cel Iluminat și a început să dea învățături despre Calea de Mijloc (între extremele vieții dedicate numai plăcerilor și ascetismului sever) unui mic grup de discipoli care au format o *sangha*, o comunitate care-i punea în practică învățăturile.

Nu a scris nimic și învăța în dialectul local. Au supraviețuit mai multe versiuni ale învățăturilor sale, sub forma unor bucăți de texte în sanscrită și prakrit. Cel mai vechi set complet de învățături a fost scris în pali, un dialect prakrit, cel mai probabil între 29 și 17 î.Hr., în Sri Lanka. Acest canon budist

cuprinde *Sutra* (în pali, *Sutta*) sau discursuri menite să fie memorate, *Vinaya* sau reguli monastice și *Abhidharma* (în pali, *Abhidhamma*), o metafizică ce include ideea originii co-dependente. În acord cu aceasta din urmă, toate fenomenele – fizice, mentale și emoționale – apar din și depind de o rețea temporară de cauze contingente. Prin urmare, nimic nu este permanent. Asta înseamnă că nu există un Sine sau suflet etern; la moartea unui iluminat care a atins eliberarea de ciclul reîncarnării nu rămân nici identitatea personală, nici mintea (spre deosebire de credința jainistă). Dacă această gândire a aparținut lui Siddhartha sau discipolilor care au formulat-o în numele lui rămâne un subiect controversat.

Corpul învățăturii budiste poartă numele de Dharma. Acest cuvânt sanscrit era folosit în hinduism pentru a desemna legea naturală a cosmosului și totodată conduita omului în conformitate cu această lege. Ambele înțelesuri, budist și hindus, corespund conceptului de Dao chinez.

Siddhartha Gautama și mica sa *sangha* au rămas doar unul dintre numeroasele grupuri Shramana până când învățăturile sale au fost adoptate de un conducător puternic. În secolul al III-lea î.Hr. împăratul Ashoka, tulburat de suferința pe care a simțit-o după ce a cucerit regatul Kalinga din estul Indiei, a îmbrățișat budismul. În acea vreme, el stăpânea cea mai mare parte din India și a trimis misionari budiști la sud de teritoriul de astăzi al Sri Lankăi, până în regatele lumii elenistice.

Dar încă din secolul al III-lea î.Hr. budismul a început să se ramifice. Budismul theravada, sau doctrina bătrânilor, susținea că păstrează învățăturile originare ale lui Siddhartha.[18]

Alte școli au preluat ideea că apartenența la o *sangha*, care devenise o mănăstire, era prea exclusivă, iar budismul ar trebui să fie accesibil tuturor. Cam în secolul I î.Hr. această mișcare s-a dezvoltat în budismul mahayana sau Marea Cale. Această școală susținea că eliberarea individuală de suferință și reîncarnare este o căutare egoistă, iar calea ideală este a lui *bodhisattva*, care își amână eliberarea meritată până când îi ajută și pe alții să atingă această stare. Siddhartha Gautama a fost unul dintre *bodhisattva*, manifestări pământești temporare ale unui Buddha etern și atoateștiutor. Școlile mahayana venerau relicve și imagini ale acestor *bodhisattva* și apelau la ele pentru ajutor, la fel ca în cultul zeilor.

În acest timp, budismul s-a răspândit în sud și în est, iar mai apoi în nord, adaptându-se la condițiile locale. Misionarii făcuseră cunoscută theravada în sud, în Sri Lanka, unde a devenit religia dominantă, iar de acolo și din India s-a răspândit în Thailanda, Burma și apoi în Indonezia.

Cam din secolul I sau al II-lea d.Hr., diverse variante de mahayana s-au răspândit spre est, pe Drumul Mătăsii, până în China, asimilând tradiții și credințe indigene. În China au întâlnit perioade de opoziție și perioade de

acceptare, căpătând pe parcurs diferite forme, ca răspuns la tradițiile locale, printre care se număra și o școală de meditație numită ch'an. Cam prin secolul al VI-lea prințul Shotoku, regent al Japoniei, a adoptat ideile și practicile budiste, iar în Japonia ch'an s-a dezvoltat în zen.

Totuși, în India budismul ca filozofie distinctă dispăruse pe la anul 1000 d.Hr., din cauza a doi factori majori. În primul rând, adoptând ritualuri și credințe, mahayana a devenit mai greu de deosebit de religia brahmanică, denumită în mod obișnuit hinduism, în timp ce hinduismul, eclectic prin natura sa, a asimilat gândirea și practicile budiste. În al doilea rând, musulmanii care au invadat din vest au distrus cea mai mare parte a mănăstirilor budiste, deoarece considerau imaginile lui Siddhartha și ale altor *bodhisattva* blasfematoare.

În secolul al VIII-lea d.Hr. versiuni ale budismului s-au răspândit spre nord, în Nepal și de acolo spre Tibet, unde această filozofie s-a instalat cu adevărat abia în secolul al XI-lea, când a fost adoptată de conducătorii din Tibetul de vest. Versiunea dominantă a adoptat multe ritualuri religioase hinduse, cum ar fi recitarea repetată a mantrelor – sunete sacre pentru invocarea puterii zeităților – și mandalele – diagrame sacre, cu un rol similar. Consoartele succesivilor *bodhisattva* au căpătat o mare importanță ca zeități, devenind versiuni ale străvechii Zeițe Mamă. Această ramură a budismului a devenit cunoscută drept vajrayana sau „calea de diamant". A asimilat mai multe elemente din religia tibetană bon, care își avea rădăcinile în animism și șamanism și s-a dezvoltat într-o religie cuprinzând diferite școli, fiecare dintre ele guvernată de un stareț, sau un mare *lama*, al mănăstirii sale principale.

Autoritatea marelui *lama* a crescut după ce s-a convenit că fiecare dintre ei este o reîncarnare a unui *bodhisattva*. Mănăstirile concurau pentru control politic – uneori chiar prin conflicte armate – după ce cuceritorii mongoli din China l-au numit vicerege pe marele *lama* al mănăstirii Sakya. În secolul al XVII-lea această funcție era deținută de marele *lama* al ordinului Dge-lugs-pa, cunoscut drept Dalai Lama și considerat a cincea reîncarnare.

Tibetul a devenit, dacă nu o teocrație, măcar o budocrație. Și a rămas așa până când trupele comuniste chineze l-au invadat în 1950 și au preluat controlul. În anul 1959, Tenzin Gyatso (născut Lhamo Dondrub), recunoscut drept a paisprezecea reîncarnare a primului Dalai Lama, a fugit în nordul Indiei, unde a format un guvern în exil.

Deși astăzi există în lume câteva școli budiste care păstrează tradiția nonreligioasă, filozofică, cele mai multe au devenit religioase, Siddhartha și alți mistici fiind venerați, paradoxal, drept zei.

China[19]

Un tipar similar, în linii mari, se respectă și în China.

După unificarea brutală a Chinei în secolul al III-lea î.Hr., Qin Shi Huang, autoproclamatul Prim Împărat, a adoptat legalismul drept politică de guvernare oficială și a suprimat celelalte școli filozofice. Mohismul a decăzut și a dispărut. Confucianismul a avut o soartă variabilă în funcție de sprijinul împăraților. Dinastia Han, din secolul I d.Hr., considera că preceptele sale sprijină ierarhia, ceea ce era în mare măsură adevărat, și de aceea împărații aduceau sacrificii Cerului și îl venerau pe Confucius.

Totuși, confucianismul a fost concurat de daoism și apoi de budism și a suferit un declin între secolele al III-lea și al VII-lea. Abia în timpul dinastiei Sung (962–1279) și odată cu dezvoltarea neoconfucianismului a devenit filozofia dominantă în rândul chinezilor educați. Sprijinindu-se pe ideile daoiste și budiste, gânditorii neoconfucianiști au formulat un sistem metafizic, care nu făcuse parte din vechiul confucianism, dar au păstrat viziunea ierarhică politică și socială cuprinsă în învățăturile confucianiste timpurii. Filozoful Chu Hsi (1130–1200) a unificat diferitele direcții, iar sistemul său a dominat viața intelectuală chineză până în 1911, când monarhia, cu care fusese întotdeauna asociat, a fost distrusă. A urmat un declin accelerat după revoluția comunistă din 1949.

Guvernarea chineză comunistă actuală, care a introdus capitalismul pentru a crește prosperitatea țării, promovează acum confucianismul în dauna marxism-leninismului, pentru a-și susține propria autoritate și a păstra stabilitatea socială.

Deși daoismul a apărut ca o viziune mistică asupra realității fundamentale, găsind o lege naturală sau un tipar în felul în care funcționează cosmosul, el a suferit o schimbare profundă în anul 142 d.Hr., la 600 de ani de la moartea fondatorului său legendar, Laozi. Zhang Daoling, un pustnic, a anunțat că Laozi i-a apărut într-o viziune și l-a numit Maestru Ceresc. El a fondat o religie care-l venera pe Laozi ca reîncarnare a Zeului Suprem și care propovăduia că esența divinității rezidă și în fiecare individ; longevitatea și nemurirea puteau fi cultivate prin meditație, dietă și tratamente alchimice.

Sectele religioase daoiste au adoptat instituțiile budiste. În secolele următoare, ele au fost legate de mișcările populare care se opuneau sprijinului acordat confucianismului de ordinea politică și socială, religiilor locale, cu zeitățile naturii, alchimiei și artelor marțiale. În consecință, începând cam din secolul al V-lea daoismul și-a încetat existența ca sistem de gândire filozofică.

Europa[20]

Socrate

Socrate (469–399 î.Hr.) este considerat, în general, primul dintre cei trei mari gânditori care au modelat evoluția filozofiei în Occident. Nu a scris nimic, dar ideile sale ne-au fost transmise prin patru surse. Comediograful Aristofan este singurul care a scris despre Socrate în timpul vieții acestuia, și a făcut-o pentru a-l discredita. Xenofon, un fost elev al lui Socrate, a devenit istoric după o carieră militară, dar nu avea pătrunderea intelectuală necesară pentru a deveni un ghid de încredere în filozofia lui Socrate. Aristotel, născut la 15 ani după moartea lui Socrate, a cunoscut ideile lui, indirect, prin intermediul lui Platon. Cea mai bogată sursă este Platon, discipolul care i-a atribuit maestrului său tot ce a gândit mai de seamă, iar acest „tot" a suferit multe schimbări în decursul a 40 de ani.

Știm însă că Socrate a fost un atenian de viță nobilă care a renunțat la bunăstarea sa pentru a se devota gândirii, că a folosit un anume tip de raționament și că a murit pentru convingerile sale. Spre deosebire de cei mai mulți dintre predecesorii săi greci, nu era preocupat de realitatea ultimă sau de elementele fundamentale ale universului. Socrate era interesat în cea mai mare măsură de etică: cum ar trebui să se comporte oamenii și de ce. Metoda sa era aceea de a-i determina pe ceilalți să-și exprime convingerile, dezvăluind apoi erorile raționamentului lor, în încercarea de a ajunge la adevăr.

Așa cum se spune de obicei, Socrate și Buddha, deși au trăit cam în aceeași perioadă, erau cât se poate de diferiți. Socrate spunea că întreaga sa viață a fost o căutare neîmplinită a înțelepciunii, în timp ce Buddha s-a considerat un iluminat. Socrate folosea raționamentul dialectic, în timp ce Buddha ajunsese la înțelepciune prin meditație.

Însă la o privire mai atentă se găsesc unele asemănări izbitoare între cei doi, pe lângă interesul pentru etică. Potrivit lui Platon, într-o bună zi, dis-de-dimineață, pe când era în serviciul militar, Socrate

> a căzut pe gânduri, urmărind ceva în mintea lui. Și cum gândul nu i se deslușea, nu se dădea bătut și a rămas acolo locului, tot căutând. Se făcuse amiază și oamenii se uitau la el mirați [...] Până la urmă, lăsându-se seara, câțiva dintre ei (erau niște ionieni), după ce au cinat, și-au scos afară așternutul (acum era vară) și s-au culcat la răcoare, pândind totodată să vadă dacă Socrate o să stea așa toată noaptea. Și chiar așa a și fost, până la răsăritul soarelui. Apoi a înălțat o rugă către Soare și a plecat de acolo.[21]

Cu foarte mici diferențe, aceasta ar fi putut fi și descrierea unei meditații a lui Siddhartha Gautama în căutarea iluminării.

Socrate era de părere că purtarea noastră ar trebui să fie determinată nu de așteptarea unei recompense divine sau de frica pedepsei în viața de apoi, ci de scopul de a obține fericirea acum. Nu este totuși vorba de egoism, deoarece fericirea nu se poate obține decât acționând drept și purtându-te bine cu toți cei din jur, inclusiv – contrar obiceiurilor grecești – cu dușmanii. Învățăturile lui Socrate seamănă cu Nobila Cale Octuplă a lui Buddha, iar fericirea, așa cum o descrie el, este o stare de seninătate asemănătoare celei pe care Buddha le-o cerea celor care urmau Calea Nobilă.

Platon

Al doilea mare gânditor a fost Platon (cca 429–374 î.Hr.), un nobil atenian care a părăsit Atena după ce învățătorul și prietenul său, Socrate, a fost acuzat și condamnat la moarte de un juriu format din 500 de cetățeni deoarece a refuzat să recunoască zeii cetății. Acest eveniment i-a întărit lui Platon neîncrederea profundă în democrație, la care s-a adăugat, mai târziu, neîncrederea în tirani (un tiran însemna pe atunci o persoană care preluase puterea, de obicei conducând o revoltă populară împotriva unei guvernări aristocratice sau plutocratice, și care conducea cu autoritate absolută, dar nu neapărat crudă sau opresivă).

A călătorit timp de 12 ani, stând o vreme, printre altele, și în orașe grecești din sudul Italiei, unde a fost influențat de pitagoreici, și în orașul grecesc Siracuza din Sicilia, unde l-a întâlnit pe tiranul Dionysios I.

El a ajuns la concluzia că numai filozofii ar trebui să devină conducători sau invers, conducătorii ar trebui să devină filozofi, deoarece filozofii posedă cunoașterea și înțelepciunea de a acționa drept. După ce s-a întors la Atena a înființat o academie pentru a le da o educație filozofică fiilor de nobili. Scrierile sale sunt de obicei grupate în trei etape, deși datarea și autenticitatea unora dintre ele sunt discutabile.

Cea mai influentă teorie a sa este cea a formelor pure. O formă pură este o idee transcendentă și eternă pe care simțurile noastre o percep numai prin ilustrările ei temporare și imperfecte. De exemplu, o farfurie rotundă este numai o ilustrare imperfectă și temporară a ideii de Cerc, care există deasupra și în afara lumii materiale. În mod similar, Înțelepciunea, Dreptatea și Bunătatea sunt forme pure ale unor calități care se găsesc numai într-o stare imperfectă în această lume, dar la care trebuie să aspirăm.

Aristotel

Cei mai mulți dintre marii gânditori greci erau eruditi. Dacă e să dăm crezare surselor secundare sau terțiare, Aristotel (384–322 î.Hr.) avea, dintre toți, cele mai vaste cunoștințe din cele mai variate domenii. Totuși, se estimează că s-a păstrat numai o cincime sau chiar un sfert din lucrările sale. Nu sunt scrieri menite să fie răspândite, ci însemnări pe baza cărora își ținea

discursurile sau dialogurile, însemnări ale elevilor săi și însemnări de lucru, care au fost mai târziu strânse laolaltă în mai multe cărți de discipolii săi, în special de Eudemos și Teofrast, la Lykeion-ul din Atena, unde Aristotel a predat timp de 12 ani.

Versiunea care a ajuns până în zilele noastre a fost editată de Andronicus din Rhodos în secolul I d.Hr. A fost descoperită în secolul al VIII-lea d.Hr. de niște învățați musulmani, care au tradus-o în arabă și siriacă, și comentată apoi de filozofii musulmani, în special de Averroës, în secolul al XII-lea. Traducerile din arabă și siriacă în latină au început să apară în Occident spre sfârșitul secolului al XII-lea.

Această operă include retorica, logica, etica, teoria politică, teoria literară, metafizica, teologia și ceea ce astăzi se încadrează în științele biologiei, anatomiei, fizicii, astronomiei și cosmologiei. Onorat de Occidentul medieval drept „Filozoful", acestui discipol târziu al lui Platon îi este atribuită inventarea științei și a metodei științifice. Deoarece scopul prezentei investigații este de a descoperi ce ne poate spune știința despre evoluția umană de la nașterea universului, mă voi concentra pe acest aspect al gândirii lui Aristotel.

Metoda sa științifică derivă din sistemul său logic, care a formalizat gândirea deductivă, și din cercetările asupra cauzelor lucrurilor și a esenței sau formei lor. Spre deosebire de forma transcendentă a lui Platon, forma lui Aristotel este intrinsecă obiectului.

El clasifică lucrurile pe o scară e perfecțiunii exprimate prin forma lor, care se poate deduce din organizarea lor internă, pe care o denumea *psyché* sau suflet. Plantele sunt formele de viață aflate pe treapta cea mai joasă, având un suflet vegetativ răspunzător pentru reproducere și creștere, animalele au un suflet vegetativ și unul senzitiv, răspunzător pentru mobilitate și senzații, iar oamenii au, pe lângă sufletul vegetativ și sufletul senzitiv, un suflet rațional, capabil de gândire și reflecție.

Aristotel și-a aplicat metoda, cu mare succes, la fiziologia și comportamentul unui număr de circa 540 de specimene animale, bazându-se pe disecții și observații făcute de el însuși și pe relatări ale altora. Deși a făcut unele greșeli, unele dintre observațiile sale asupra inimii și sistemului vascular, de exemplu, nu au fost depășite până în secolul al XVII-lea.

El a clasificat animalele în cele cu sânge și cele fără sânge (sau cel puțin fără sânge roșu), clasificare ce corespunde distincției actuale între vertebrate și nevertebrate, și a grupat mai departe speciile, pe baza formelor comune, în genuri. Clasificarea sa a fost înlocuită abia în secolul al XVIII-lea de cea făcută de Linné.

Totuși, în celelalte investigații asupra naturii, Aristotel a renunțat la empirism. În ce privește anatomia, era de părere că bărbații au mai mulți dinți decât femeile. În fizică, a afirmat că un corp cade pe pământ cu o viteză pro-

porțională cu masa lor, afirmație pe care Philoponus, în secolul al VI-lea d.Hr., a infirmat-o printr-un experiment simplu. Aristotel nu făcea măsurători. Munca sa este descrisă mai corect drept filozofie naturală decât drept știință, așa cum o înțelegem noi astăzi și cum este definită aici în capitolul 1.

În ce privește cosmologia, era de părere că Luna, Soarele și constelațiile sunt cuprinse într-o serie de sfere concentrice perfecte, cristaline, care se învârtesc la nesfârșit în jurul Pământului, cu viteze constante, dar diferite. Aici Aristotel intră pe domeniul metafizicii. Totul are o cauză. Într-una din cărți, spune că sferele sunt legate între ele, astfel încât cea mai apropiată de Pământ este determinată să se miște de cea alăturată, care la rândul ei este determinată să se miște de următoarea ca distanță față de Pământ și așa mai departe. Dar lanțul cauzalității trebuie să se oprească undeva. Ce anume determină cea mai îndepărtată sferă să se miște? Este Motorul Prim Nemișcat. Aristotel gândea că această Cauză Primă fără Cauză trebuie să fie simplă, neschimbătoare, perfectă, eternă și fără dimensiune sau formă fizică; constă numai în contemplare intelectuală, cel mai pur exercițiu de gândire; este Divină.

Spre deosebire de majoritatea predecesorilor săi din lumea greacă și de filozofii din alte țări, Aristotel nu s-a folosit de intuiție.

Filozofia elenistică

Moartea lui Aristotel la un an după moartea lui Alexandru cel Mare, fostul său elev, marchează, în mod convențional, sfârșitul etapei elenice (grecești) a gândirii filozofice și începutul etapei elenistice (de tip grecesc). Imperiul lui Alexandru s-a fragmentat, guvernatorii săi preluând puterea în regiuni pentru a crea propriile monarhii. S-au dezvoltat și alte centre intelectuale care rivalizau Atena, cele mai importante fiind Alexandria în Egipt, Antiohia în Siria, Pergam în Asia Mică și mai târziu insula Rhodos din Marea Egee.

Lyceum-ul lui Aristotel a funcționat la Atena până după mijlocul secolului al III-a î.Hr., când a căzut în declin. În această perioadă au apărut alte trei școli principale de gândire. Epicureii, stoicii și scepticii care considerau că filozofia trebuie să fie practică, iar obiectivul său să fie atingerea ataraxiei, liniștea, ceea ce sugerează că aceste școli au fost influențate mai mult de Socrate decât de Aristotel.

Epicur (341–271 î.Hr.) urma metafizica atomistă a lui Leucip și Democrit, susținând că, deoarece mintea nu este decât o colecție de atomi care se împrăștie atunci când viața încetează, teama de moarte nu e justificată și ar trebui să căutăm plăcerea în cursul vieții. Detractorii săi și mai târziu creștinii au văzut în asta doar o lipsă de cumpătare în privința mâncării și sexului. Totuși, pentru Epicur plăcerea era „eliberarea de durerea corpului și de tumultul sufletului", și se pare că el ducea o viață abstinentă, cultivând prietenia și purtându-se generos cu sclavii.

Stoicii, școala înființată de Zenon din Citium la începutul secolului al III-lea î.Hr., credeau că ataraxia poate fi atinsă dacă omul trăiește în armonie cu natura. Așadar, cercetând natura, au tras concluzia că totul este determinat de soartă și, de aceea, liniștea se obține prin atitudinea de acceptare a sorții.

Scepticii susțineau că nu avem o cunoaștere reală a naturii lucrurilor și o demonstrau formulând fiecare întrebare în ambele sensuri; de aceea, liniștea minții se obține prin suspendarea judecății.

Filozofia greco-romană

Aceste direcții de gândire au continuat să se dezvolte odată cu dezvoltarea Imperiului Roman, când romanii au adoptat și au îmbogățit gândirea greacă. Aristotelismul a renăscut în această perioadă, dar adepții săi se concentrau mai curând pe păstrarea și comentarea lucrărilor lui Aristotel decât pe dezvoltarea lor, astfel încât școala a dispărut până la urmă în secolul al III-lea î.Hr.

Nu reușise să transforme filozofia într-un mod de gândire pur rațional. În secolul al II-lea, de exemplu, împăratul roman Marcus Aurelius, adept al stoicismului, sfătuia la retragerea în sine, iar sinele era „asemeni inteligenței universale care a pătruns și a organizat lumea; ba chiar e parte din acea inteligență“[22]. Această concepție este asemănătoare cu viziunea centrală din *Upanișade*: nu numai că totul este Brahman, ci și Sinele este tot Brahman.

Cel mai important gânditor din această etapă a fost Plotin (cca 205–270 d.Hr.), considerat fondatorul neoplatonismului. Așa cum reiese din *Enneade*, era un mistic având ca scop unirea cu Unul, pe care susținea că a trăit-o de câteva ori. El spunea că pentru a te bucura de unirea fericită cu Unul trebuie să abandonezi

> cunoașterea manifestată în demonstranții, în convingeri și în raționamentul din Suflet. Faptul de *a vedea* și /subiectul/ care a văzut nu sunt rațiune discursivă, ci sunt mai bune decât rațiunea.[23]

Prin contemplație și virtute morală putem să ne ridicăm mintea la Unul. Această călătorie mentală este nu numai o întoarcere la sursa existenței noastre, dar și o descoperire a adevăratului nostru sine. „Dar, apucând calea inversă, Sufletul nu va sosi la altceva, ci *va reveni la Sine*“[24] Și această viziune este asemănătoare cu cea din *Upanișade*.

Totuși, gândirea filozofică prin raționament sau intuiție, în opoziție cu credința în forțe supranaturale precum zeitățile sau Dumnezeu, a fost reprimată dur în Occident după anul 529 d.Hr., când împăratul roman Iustinian a închis școlile ateniene deoarece subminau creștinismul.

Scolastica

Învățații creștini au luat contact cu aristotelismul în secolul al XII-lea, prin intermediul traducerilor și comentariilor în arabă și siriacă. În Occident, această școală de gândire nu avusese aproape nici o însemnătate timp de peste o mie de ani, ceea ce înseamnă de două ori mai mult timp decât existența ei (cu toate că în lumea musulmană renăscuse după cinci secole).

Teologii creștini cunoscuți ca scolastici au adoptat gândirea aristotelică pentru a demonstra existența lui Dumnezeu. Cel mai de seamă dintre ei a fost călugărul dominican din secolul al XIII-lea Toma d'Aquino, care a folosit, printre alte argumente, Cauza Primă fără Cauză și Motorul Prim Nemișcat.

Paradoxal, creștinismul fusese întemeiat prin revelație. Evangheliile lui Matei, Marcu și Luca vorbesc despre Duhul lui Dumnezeu care s-a pogorât asupra lui Isus. El a propovăduit că a-l iubi pe Dumnezeu și a-ți iubi aproapele ca pe tine însuți (o versiune a Regulii de Aur) este mai important decât respectarea oarbă a legilor Bibliei ebraice.

Revelația a continuat cu Părinții Deșertului din secolul al III-lea, apoi cu ordinele monastice și o serie de contemplativi precum Meister Eckhart, sfânta Tereza de Ávila și sfântul Ioan al Crucii, până în secolul al XVI-lea.

Totuși, după sfârșitul secolului al XII-lea, gândirea scolastică a devenit dominantă și a reprezentat singura metodă de gândire din școlile și universitățile occidentale, care erau controlate de Biserica Catolică.

Filozofia modernă

Raționamentul scolastic s-a înrădăcinat atât de puternic în Occident, încât reformatorii protestanți din secolul al XVI-lea l-au folosit pentru a ataca Biserica Romană, iar iluminiștii din secolul al XVIII-lea, pentru a ataca orice biserică. Astăzi, departamentele de filozofie din universitățile occidentale sunt în marea lor majoritate laice. Din nouă enciclopedii și dicționare americane și engleze pe care le-am consultat, șapte definesc filozofia numai în termenii rațiunii. Aceasta înseamnă, după părerea mea, o confruntare a esenței cu metoda.

RAMIFICAREA GÂNDIRII FILOZOFICE

Pe măsură ce s-a dezvoltat în diverse părți ale lumii, gândirea filozofică s-a ramificat în nenumărate tradiții și școli care apoi s-au ramificat la rându-le.

Încă din Antichitatea greacă, se face de obicei o distincție clară între Orientul mistic și Occidentul rațional. Cred că se poate face o distincție și mai importantă, între intuiție și raționament, definite după cum urmează:

intuiție Înțelegerea clară a esenței unui lucru, de obicei în mod neașteptat, după o meditație disciplinată sau după o încercare nereușită de a ajunge la această înțelegere prin raționament.

raționament Încercare de a înțelege esența unui lucru printr-un proces logic, fie pe baza unor dovezi, fie pe baza unor supoziții considerate evidente.

Pe lângă meditația disciplinată pentru dobândirea intuiției, în India antică a fost folosit și raționamentul, în unele dintre *Upanișade*, în sistemul logic Nyaya, care era asemănător în multe privințe cu gândirea lui Aristotel, în sistemul logic al celor șapte valori jainiste, în învățăturile lui Buddha și în metafizica budistă a originii codependente etc. În China, în timp ce misticul daoist Zhuangzi respingea raționamentul ca metodă de investigație, Mencius, filozoful confucianist din secolul al IV-lea î.Hr., folosea raționamentul în discursurile sale, iar pe de altă parte mohiștii foloseau logica pentru a ajunge la ideile lor.

Acestea nu sunt decât câteva din numeroasele exemple care arată că gânditorii din Orient foloseau atât intuiția, cât și raționamentul și că multe școli încă folosesc raționamentul, chiar dacă nu este metoda lor principală. Mai mult, colonialismul occidental din secolul al XIX-lea a determinat multe țări din Orient să adopte normele academice ale Occidentului. Este greșit să caracterizăm filozofia orientală drept o filozofie exclusiv mistică.

Având în vedere că în cazul multor gânditori occidentali din Antichitate nu dispunem de suficiente dovezi, nu putem să spunem dacă foloseau intuiția sau raționamentul. Cu excepția lui Zenon, nu există dovezi de încredere că gânditorii presocratici foloseau raționamentul pentru a ajunge la ideile lor, în timp ce există dovezi că ideea de nemărginire a lui Anaximandru, precum și ideile mistice ale lui Pitagora și ale pitagoreicilor se bazează pe intuiție. Heraclit a fost un mistic, în timp ce în cazul lui Socrate se poate vorbi despre intuiție. Filozofii precum Marcus Aurelius, din secolul al II-lea, și Plotin, din secolul al III-lea, erau fără îndoială mistici, în timp ce gânditori precum Arhimede aveau intuiții matematice și științifice, un subiect pe care-l voi dezvolta în capitolul următor.

O excepție limpede este Aristotel, care punea raționamentul mai presus de orice. Dar gândirea lui a fost adoptată în Occident abia din secolul al XII-lea. Consacrarea ulterioară a raționamentului în filozofia occidentală se datorează nu numai faptului că secole de-a rândul controlul asupra educației a fost deținut de Biserică, ci poate și convingerii că raționamentul este superior intuiției. Distinsul filozof britanic Anthony Quinton scria în 1995:

> Filozofia este o preocupare colaborativă, spre deosebire de activitatea meditativă a înțelepților, care înflorește de obicei în condiții de izolare sau chiar de retragere din lume. Totuși, forma de colaborare implicată nu este cooperantă, ci competitivă, [...] o chestiune de argumente cri-

tice. Argumentul este menit să convingă și, pentru a garanta succesul, să învingă contraargumentele. Înțelepții își comunică învățăturile doar celor care-i vizitează în refugiul lor.[25]

Această ultimă propoziție nu este nici pe departe adevărată. Mai mult, e discutabil dacă una din aceste metode de gândire filozofică este superioară celeilalte. Raționamentul depinde de un set de supoziții preliminare sau de selectarea și interpretarea unor dovezi. Raționalistul suprem, Aristotel, afirma că toate corpurile cerești sunt cuprinse în sfere cristaline care se rotesc în jurul Pământului împreună cu alte lucruri, ceea ce este complet greșit.

Pe de altă parte, intuiția mistică a existenței unei realități fundamentale inefabile – fie că aceasta se numește Brahman sau Dao sau nemărginire sau *lógos* – care a dat naștere tuturor lucrurilor din cosmos este apropiată de ipoteza modernă a câmpului cuantic, care spune că universul pe care îl percepem s-a materializat dintr-o fluctuație a câmpului cuantic cosmic preexistent.[i]

De asemenea, viziunea mistică a Upanișadelor conform căreia în spatele întregii materii și energii ar exista o forță energetică universală (*prana*), precum și viziunea lui Heraclit despre *pyr* seamănă cu ipoteza modernă din teoria corzilor conform căreia materia și energia se reduc în cele din urmă la corzi de energie.[ii]

Tot astfel, viziunea mistică a primilor daoiști conform căreia Dao nu este numai Sursa a toate, ci și Calea sau modul în care funcționează lumea naturală, precum *lógos*-ul lui Heraclit, prefigurează legile fizice ale științei care au guvernat formarea și evoluția universului așa cum îl percepem astăzi, dar ale căror cauze știința nu le poate explica.[iii]

Astfel de viziuni nu implică existența unui zeu antropomorf sau a lui Dumnezeu, așa încât le voi denumi mistice, pentru a le diferenția de cele spirituale, revelate de Dumnezeu, de un zeu sau de un mesager al acestuia care, de regulă, îl îndeamnă pe cel ce primește revelația să le recomande o anumită conduită celor ce cred în respectiva divinitate. În acest sens, intuiția spirituală este parte a gândirii primitive așa cum am definit-o în capitolul precedent. Limita dintre cele două se estompează, de exemplu, când Aristotel atribuie divinitate Cauzei Prime fără Cauză sau când unele școli hinduse îl interpretează pe Brahman ca Divinitatea supremă, dincolo de orice formă. Alte școli hinduse depășesc totuși această graniță personificându-l pe Brahman și numindu-l Vishnu sau Shiva, care s-au reîncarnat periodic pentru a interveni în treburile oamenilor.

---

[i]) Vezi pagina 73.
[ii]) Vezi pagina 92.
[iii]) Vezi pagina 125.

Dacă considerăm că filozofia modernă s-a desprins de intuiție începând din secolul al XII-lea, atunci când în Occident raționamentul a fost identificat drept unică metodă filozofică, cum vom clasifica ramificațiile subsidiare din evoluția gândirii filozofice?

Pe măsură ce gândirea filozofică s-a răspândit, a interacționat și s-a dezvoltat, descoperindu-se lucruri noi și noi metode de gândire, s-au format nenumărate școli, care însă au avut în mod clar tendința de a se specializa pentru a face față acestei vaste evoluții a ideilor. Cel mai bun criteriu pentru clasificarea ramificațiilor de la următorul nivel este obiectul investigației; cele șase ramuri principale, ale căror granițe nu sunt întotdeauna bine delimitate, sunt următoarele:

metafizică Ramură a gândirii care investighează și încearcă să înțeleagă realitatea fundamentală sau esența și cauza tuturor lucrurilor, fie ele materiale sau imateriale.

filozofie naturală Ramură a gândirii care investighează și încearcă să înțeleagă lumea naturală percepută prin intermediul celor cinci simțuri și funcționarea ei.

logică Ramură a gândirii care își propune să deosebească sistematic inferențele valide de cele nevalide cu ajutorul unor legi ce vizează în principal raționamentul deductiv și cel inductiv.

epistemologie Ramură a gândirii care investighează natura, sursele, validitatea, limitele și metodele cunoașterii umane.

etică Ramură a gândirii care evaluează comportamentul uman și încearcă deseori să creeze coduri de bună comportare între indivizi, între un individ și un grup de indivizi (precum o societate sau un stat) și între grupuri de indivizi.

estetică Ramură a gândirii care încearcă să înțeleagă și să comunice esența frumuseții în natură și în creațiile umane.

Aceste domenii au evoluat și continuă să evolueze. Înainte de Platon nu se făcea deosebirea între metafizică și filozofia naturală, iar filozofia naturală s-a transformat treptat în știință, așa cum vom vedea în capitolul următor.

Fiecare dintre aceste domenii s-au ramificat și continuă să se ramifice. De exemplu, metafizica s-a ramificat în trei școli de gândire: monismul, care susține că realitatea fundamentală constă într-un singur lucru; dualismul, care susține că lucrurile materiale și mentale (sau conștiința) sunt fundamental diferite; pluralismul, care susține că realitatea este alcătuită dintr-o multitudine de lucruri diferite care nu pot fi reduse la unul sau două.

Intuiția are un caracter ireductibil, însă generațiile succesive de discipoli îi dau tot mai multe interpretări. Totuși, cred că e util să dau și un exemplu de ramificare a obiectelor intuiției și să recunosc totodată că, datorită caracterului ei ireductibil, ramurile intuiției se întrepătrund în mai mare măsură decât cele ale raționamentului. Astfel, intuiția psihologică a celor Patru Adevăruri Nobile a lui Siddhartha Gautama a fuzionat cu intuiția etică a Căii Nobile Octuple.

Propun șase ramuri principale, definite după cum urmează, recunoscând totuși că această clasificare este discutabilă:

intuiție mistică Înțelegerea directă a realității fundamentale: esența și cauza tuturor lucrurilor.

intuiție științifică Înțelegerea directă a esenței sau cauzelor fenomenelor naturale, ale interacțiunilor sau ale altor relații dintre ele și, adesea, ale regulilor care guvernează aceste interacțiuni și relații.

intuiție matematică Înțelegerea directă a proprietăților sau a relațiilor dintre numere, forme reale și abstracte și, adesea, a regulilor care guvernează aceste relații.

intuiție psihologică Înțelegerea directă a modului în care gândesc și se comportă indivizii sau grupurile de indivizi și a cauzelor acestui mod de a gândi și de a se comporta.

intuiție etică Înțelegerea directă a modului în care oamenii ar trebui să se comporte ca indivizi sau ca grup față de alți indivizi sau de alte grupuri și, adesea, a cauzelor pentru care ar trebui să se comporte în acest mod.

intuiție artistică Înțelegerea directă care are ca rezultat crearea unor lucrări vizuale, muzicale sau scrise frumoase sau stimulative din punct de vedere intelectual.

Intuiția științifică apare adesea nu în urma unui proces de meditație disciplinată, ci după ce un cercetător nu a reușit să rezolve o problemă prin raționament și a intrat într-o stare de conștiință modificată, adesea neintenționat, relaxându-se, încetând să raționeze și deconectându-se – pentru scurt timp –, după care răspunsul apare parcă de niciunde.[i] Același lucru este valabil și pentru intuiția matematică sau de alte feluri.

PANORAMA EVOLUȚIEI NOETICE

Figura 28.2 este o încercare de trecere în revistă a evoluției gândirii filozofice, pornind de la momentul în care a apărut din superstițiile gândirii primitive

[i]) Vezi pagina 593 pentru exemple.

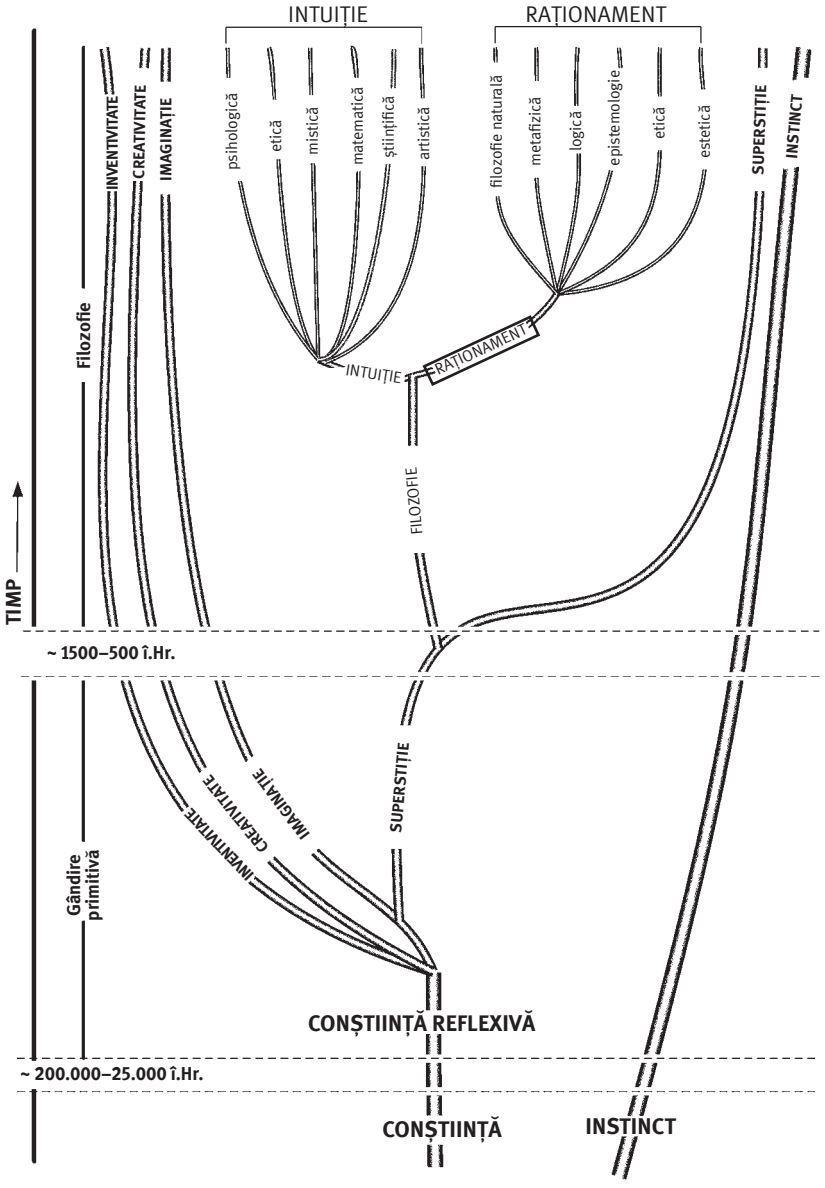


Figura 28.2 Apariția gândirii filozofice și evoluția principalelor sale ramuri. Ca și figura 27.1, din care derivă, este o imagine bidimensională a unui proces tetradimensional dinamic și interactiv. Nu este construită la scară, iar datele se bazează pe cele mai bune estimări.

și incluzând evoluția celorlalte ramuri principale ale gândirii primitive discutate în capitolul anterior, plus instinctul.

Ca și figura 27.1, din care derivă, figura 28.2 este o imagine bidimensională a unui proces tetradimensional dinamic și interactiv, în care ramurile, subramurile și sub-subramurile nu numai că se schimbă în timp, dar interacționează cu alte ramuri, amestecându-se, modificându-se și formând noi ramuri. De exemplu, intuiția psihologică și cea etică ale lui Siddhartha Gautama au interacționat cu metafizica, formând în cadrul metafizicii o ramură a gândirii despre lucruri precum esența sinelui și a non-sinelui, în timp ce logica a interacționat cu creativitatea și inventivitatea formând noua ramură a limbajelor computerizate.

Nici această diagramă nu este construită la scară. În timp ce conștiința reflexivă a apărut complet din conștiință abia în paleoliticul superior, cu 40.000 până la 10.000 de ani în urmă (cu aproximație acum 25.000 de ani), gândirea filozofică a apărut din superstițiile gândirii primitive abia în urmă cu aproximativ 3.000 de ani, iar distincția dintre intuiție și raționament, abia cu aproximativ 800 de ani în urmă. Altfel spus, dacă existența umană ar fi reprezentată de un ceas cu 24 de ore, filozofia ar fi apărut cu aproximativ 2 ore și 53 de minute înainte de miezul nopții, în timp ce raționamentul, singura metodă de gândire despre care se învață în Occident, ar fi apărut cu 45 de minute înainte de miezul nopții.

Superstiția – sub forma miturilor și credințelor religioase care au apărut din necunoașterea legilor naturii sau din frica de necunoscut, considerate astăzi incompatibile cu dovezile solide – s-a transmis de-a lungul a peste o mie de generații. Nu este surprinzătoare, de aceea, influența atât de puternică și de persistentă pe care o exercită chiar și astăzi, când concurează serios raționamentul și intuiția în încercarea de a răspunde la întrebările cruciale ale existenței umane.

CONCLUZII

1. Încercările de a răspunde la întrebări cruciale cu privire la ce suntem și de unde venim au intrat într-o nouă etapă în diverse locuri de pe glob cu aproximativ 3.000 de ani în urmă, când gândirea filozofică s-a desprins din superstițiile gândirii primitive. Această etapă a fost caracterizată de dorința de a găsi explicații care nu se bazau pe existența unor spirite imaginare, a unor zei antropomorfi sau a unui Zeu unic, în care oamenii au crezut timp de peste 20.000 de ani.
2. Gândirea filozofică a apărut cel mai probabil mai întâi în subcontinentul indian, iar alte mari centre au fost China și colonia grecească Ionia.

3. Filozofii s-au folosit de intuiție, adesea rezultatul meditației disciplinate, și de raționament, bazat pe supoziții preliminare sau pe interpretarea unor dovezi.
4. Primele tatonări ale gândirii filozofice sunt greu de deosebit de rădăcinile lor, superstițiile primitive inculcate de religii. Pe măsură ce s-au răspândit și s-au dezvoltat, evoluția lor a prezentat un tipar asemănător cu cel al evoluției filetice din biologie, ca răspuns la diferitele tipuri de mediu. Unele ramuri ale gândirii filozofice nu au reușit să se dezvolte; altele s-au dezvoltat, dar apoi au dispărut; unele au fost asimilate și modificate de alte ramuri; unele au interacționat cu credințele locale și s-au transformat în religii; unele au fost asimilate sau distruse de religii sau de conducători; unele s-au pierdut și au fost revitalizate mult mai târziu; unele au fost promovate de conducători și au înflorit; cele care au supraviețuit au continuat să evolueze și să se ramifice.
5. Intuițiile vizionarilor, fie ei indieni, chinezi, greci sau romani, au câteva teme comune, în special unitatea fundamentală a tuturor lucrurilor. În majoritatea cazurilor această unitate fundamentală sau realitate fundamentală a fost percepută drept ceva inefabil, descris cel mai bine drept o conștiință sau o inteligență cosmică transcendentă care există, lipsită de formă, în afara spațiului și timpului, dar care totodată e imanentă prin faptul că dă naștere tuturor fenomenelor percepute de cele cinci simțuri fizice ale noastre și de minte; apărând din această unitate fundamentală, esența fiecăruia dintre noi este identică cu întregul. Mai mult, această realitate fundamentală se manifestă în cosmos sau guvernează funcționarea lui, și ar trebui să ne armonizăm viața cu ea pentru a dobândi împlinirea.
6. Deși intuiția are un caracter ireductibil, ea se poate ramifica în funcție de obiectul investigației. Ramificarea ține mai ales de școlile înființate pentru a interpreta, a practica și a transmite mai departe intuițiile înțelepților.
7. Raționamentul a fost folosit în transmiterea intuițiilor și ca metodă de investigație. Și el se poate ramifica în funcție de obiectul investigației, iar ramurile s-au transformat la rândul lor în școli de gândire care s-au răspândit, au interacționat și s-au dezvoltat, ca răspuns la noile moduri de gândire.
8. Atunci când gândirea a avut în centru etica, practic toți filozofii antici, fie că foloseau intuiția sau raționamentul, au ajuns la concluzia că putem dobândi fericirea sau liniștea printr-un comportament lipsit de egoism, conform principiului „să nu faci altora ceea ce nu dorești să ți se facă ție". Acest tip de comportament contravenea tendinței obișnuite în societățile vremii către agresivitate, război și cucerire. Îndemnul

lor de bază era cooperarea în detrimentul competiției pentru obținerea progresului umanității.

9. Distincția fundamentală dintre intuiție și raționament a apărut târziu, în secolul al XII-lea, când, practic, Occidentul a adoptat raționamentul ca unică metodă de gândire filozofică, deși dovezile nu susțin superioritatea uneia dintre cele două metode asupra celeilalte.

Capitolul 29 tratează următoarea etapă a evoluției umane, gândirea științifică și dezvoltarea ei.

CAPITOLUL 29

Evoluția omului 3: gândirea științifică

> Savantul, dragi prieteni, este un om care face predicții; știința este utilă tocmai fiindcă oferă mijloacele de a face predicții, iar savanții sunt mai presus de toți ceilalți oameni.
>
> —Henri de Saint-Simon (1760–1825)

> Știința poate fi descrisă drept arta suprasimplificării sistematice.
>
> —Karl Popper, 1982

A treia etapă a evoluției umane este caracterizată de gândirea științifică, prin care cunoașterea și înțelegerea sunt obținute mai curând în mod empiric decât prin speculație filozofică sau prin credință bazată pe pretinse revelații supranaturale.

După cum am văzut în capitolul 1, de-a lungul timpului știința a avut diverse înțelesuri, astfel încât este util să reamintim definiția contemporană folosită în această carte.

știință Încercarea de a înțelege și de a explica fenomenele naturale folosind observații și experimente sistematice, preferabil măsurabile, și făcând raționamente pe baza cunoștințelor obținute, pentru a deduce legi verificabile și a face predicții sau retrodicții.

Deși se intersectează într-o anumită măsură cu tehnologia, cred că este util să facem diferența dintre ele.

tehnologie Inventarea, crearea și folosirea uneltelor sau mașinilor pentru a rezolva o problemă.

Știința este inseparabilă de metoda sa, care s-a schimbat de asemenea de-a lungul timpului. În înțelesul curent al termenului, metoda științifică constă în cinci pași, rezumați în următoarea definiție:

metoda științifică (teoretic)

1. Datele cu privire la un fenomen studiat sunt colectate prin observație sistematică sau prin experiment.
2. Pe baza acestor date este dedusă o concluzie, sau ipoteză, provizorie.

3. Predicțiile deduse din această ipoteză sunt testate prin observații sau experimente ulterioare.
4. Dacă aceste teste confirmă predicțiile și mai mulți observatori independenți obțin aceleași confirmări, atunci ipoteza este acceptată ca teorie științifică, până când noi date intră în contradicție cu teoria.
5. Dacă apar date noi care intră în contradicție cu teoria, atunci teoria este fie modificată, fie abandonată în favoarea unei noi ipoteze, care se potrivește cu toate datele.

În practică, acești pași nu sunt întotdeauna respectați. Proprietățile antibiotice ale penicilinei au fost descoperite nu prin pasul 1, ci atunci când Alexander Fleming s-a întors în laboratorul lui după câteva săptămâni și a constatat că bacteriile uitate din greșeală pe o placă de cultură fuseseră distruse de un mucegai pe care l-a numit penicilină. Wilhelm Röntgen a descoperit razele X într-o cameră obscură, după ce a acoperit cu un carton negru tubul cu raze catodice pe care îl folosea pentru experimente și a observat că un ecran fluorescent era luminat. Am văzut în capitolul 3 că radiația cosmică de fond a fost descoperită a fost descoperit din întâmplare.[i]

Intuițiile, mai degrabă decât pasul 2, au fost de regulă răspunzătoare pentru marile progrese ale științei. Sunt acele momente numite „evrica" – acest cuvânt se leagă de numele matematicianului și inventatorului grec Arhimede, despre care se spune că a sărit dezbrăcat din cadă și a alergat pe străzi strigând *eúreka* (am găsit!), fiindcă tocmai descoperise principiul care acum îi poartă numele, anume că un corp scufundat într-un lichid este împins de lichid, de jos în sus, cu o forță egală cu greutatea volumului de lichid dislocat de corp. Chimistul german August Kekulé a povestit că, nereușind să descifreze structura moleculară a benzenului, s-a culcat și, în timp ce moțăia în fața focului, a văzut în flăcări imaginea șarpelui mitic care-și mușcă coada și și-a dat brusc seama că benzenul are o structură inelară, nu liniară.[1] Descriind cum a ajuns la ideile sale revoluționare, Albert Einstein spunea:

> O idee nouă vine dintr-odată, mai degrabă intuitiv. Asta înseamnă că nu se ajunge la ea prin concluzii logice conștiente.[2]

Prea adesea, atunci când găsesc date care nu concordă cu o teorie la care țin, oamenii de știință nu abordează pasul 5, ci pun sub semnul întrebării datele și metoda prin care au fost obținute, le ignoră[ii] sau le interpretează în așa fel încât să devină concordante cu teoria.[iii]

---

[i]) Vezi pagina 44.
[ii]) Vezi, de exemplu, pagina 111, pagina 117, pagina 325 și pagina 456.
[iii]) Vezi, de exemplu, pagina 116, pagina 446 și pagina 481.

Ceea ce numim uneori metoda ipotetico-deductivă este mai degrabă o analiză logică a felului în care teoriile științifice își găsesc sprijin în dovezi, dar în universitățile din ziua de astăzi tinde să fie singura metodă științifică predată.

APARIȚIA GÂNDIRII ȘTIINȚIFICE

Primele științe pot fi grupate în trei categorii care se intersectează – științele fizice, științele vieții și științele medicale –, iar ramurile lor au apărut în momente diferite:

științele fizice Ramuri ale științei care studiază fenomenele neînsuflețite; includ astronomia, fizica, chimia și științele Pământului;

științele vieții Ramuri ale științei care studiază caracteristicile organismelor vii (precum plantele, animalele și oamenii) și relațiile dintre aceste caracteristici;

științele medicale Ramuri ale științei care sunt aplicate în vederea menținerii sănătății, prevenirii și tratării bolilor și vindecării leziunilor.

Științele medicale

Științele din această categorie folosesc descoperiri ale științelor din primele două categorii, în special ale științelor vieții, pentru că scopul lor este supraviețuirea omului. Își au rădăcinile în Antichitate, când se considera că bolile sunt provocate de spirite sau de zei. Cele mai vechi încercări de a înțelege și a trata cauzele fizice ale stării de boală au avut la bază astfel de superstiții, de care nu puteau fi separate complet.

Cu toate acestea *Papirusul Edwin Smith*, datând cam de la 1600 î.Hr., dar considerat o copie după mai multe scrieri egiptene mai vechi, și *Manualul de diagnostic* babilonian, datând cam de la 1050 î.Hr., descriu în detaliu și rațional examenul, diagnosticul, tratamentul și prognoza pentru numeroase afecțiuni.

Textul de căpătâi al medicinii chineze este *Huangdi neijing*, atribuit de obicei miticului Huangdi, sau Împăratul Galben, și datând probabil din secolul al III-lea sau al IV-lea î.Hr. Descrie abordări empirice ale bolilor și tratamente bazate pe filozofia daoistă, având ca scop restabilirea echilibrului dinamic al energiilor vitale din corp, în special *qi* (forța vitală) și fluxul de sânge, prin armonizarea trăsăturilor *yin* și *yang* ale comportamentului și ale organelor corpului.[3] Moștenirea sa este medicina tradițională chineză practicată astăzi.

În India antică, *ayurveda*, care înseamnă cunoașterea vieții îndelungate, aplica metode raționale în tratamentele medicale. Cele mai influente două texte ale sale aparțin școlilor chakara și sushruta, amândouă apărute pe la 600 î.Hr. Primul descrie opt ramuri ale medicinii, în timp ce al doilea cuprinde o gamă largă de tehnici chirurgicale incluzând chirurgia cataractei și chirurgia plastică de reconstrucție a nasului (care era adesea tăiat drept pedeapsă). *Ayurveda* aplica teoria celor cinci elemente din care este compus orice lucru din univers și susținea necesitatea unui echilibru între cele trei energii elementare sau umori pentru menținerea stării de sănătate. Este o abordare asemănătoare cu cea din Grecia antică (vezi mai jos). Nu se cunoaște dacă aceste concepte au apărut independent sau au fost rezultatul unui proces de transmitere culturală.

În Grecia antică s-au construit *asclepíeia*, temple dedicate lui Asclepios, zeul medicinii, unde pacienții veneau pentru tratament. Din aceste începuturi marcate de superstiție au apărut în jur de 70 de texte medicale atribuite medicului din secolul al V-lea î.Hr. Hippocrate din Kos, dar scrise, cel mai probabil, de discipolii săi în decursul câtorva decenii. În aceste texte sunt descrise și clasificate multe boli, tratamente – inclusiv chirurgicale – și prognoze, bazate pe concepția acelor vremuri, conform căreia totul în cosmos este alcătuit din patru elemente: foc, aer, apă și pământ.[i] Prin corp circulă patru umori sau fluide – bila neagră, bila galbenă, flegma și sângele – constând în amestecuri diferite ale celor patru elemente, iar aceste umori trebuie să rămână în echilibru pentru a asigura sănătatea corpului și a minții.

Disecțiile pe animale făcute de Aristotel au stimulat dezvoltarea ideilor despre anatomia și fiziologia omului în perioada elenistică, culminând în perioada greco-romană cu numeroasele lucrări ale grecului Galen (cca 130–200 d.Hr.). Opera sa, în care a realizat sinteza și dezvoltarea teoriilor lui Aristotel, Platon și Hippocrate în domeniul anatomiei și medicinii, adăugând chiar și cele patru umori, a devenit canonică.

Până pe la 750 d.Hr. învățații din imperiul musulman traduseseră în arabă lucrările școlilor Charaka și Sushruta, precum și pe cele atribuite lui Hippocrate și Galen, iar medicii, în special eruditul Ibn Sina (cunoscut în Occident drept Avicenna), au folosit și au dezvoltat aceste idei. Magistrala enciclopedie a lui Avicenna, *Canonul medicinii*, încheiată în anul 1025, a fost tradusă în latină în secolul al XII-lea și a devenit cea mai influentă carte de medicină nu numai în lumea musulmană, dar și în Europa, până în secolul al XVII-lea.

La mijlocul secolului al XVI-lea totuși, cercetările pe cadavre făcute de belgianul Andreas Vesalius, de la Universitatea din Padova, au evidențiat

[i]) Vezi pagina 571.

cam 200 de erori în anatomia umană a lui Galen (ideile lui Galen se bazau pe disecții făcute pe animale și pe concluziile despre anatomia umană formulate în urma acestor studii). În 1628, medicul englez William Harvey a publicat *Cercetarea anatomică despre mișcarea inimii și sângelui la animale*, în care descrie o serie de experimente care au dus la descoperirile sale referitoare la circulația sângelui și la rolul jucat de acțiunea de pompare a inimii, care au demontat multe dintre ideile lui Galen. Astfel de studii empirice repetabile au marcat apariția științei medicale moderne pornind de la rădăcinile sale din medicina antică.

Științele vieții

Științele vieții își au începuturile în clasificarea specimenelor zoologice făcută de Aristotel[i] și în cea a specimenelor vegetale făcută de Teofrast, discipolul care i-a urmat la conducerea Lyceum-ului.

Științele vieții așa cum sunt înțelese astăzi au apărut în secolul al XVII-lea, odată cu experimentele lui Harvey și cu observațiile realizate prin intermediul nou-inventatului microscop, precum cele ale lui Antonie van Leeuwenhoek, care a descoperit globulele roșii din sânge, spermatozoizii și bacteriile.

Științele fizice

Cea mai veche dintre științele fizice este astronomia.

> **astronomie** Studiu observațional al sateliților naturali, planetelor, stelelor, galaxiilor și materiei aflate deasupra atmosferei terestre și al mișcărilor lor.

Așa cum am văzut în capitolul 27, dovezile oferite de alinierea megaliților europeni ridicați în urmă cu aproximativ 5.200 de ani au fost urmate de cataloagele stelare babiloniene, indiene, chineze și maya.[ii] Faptul că astronomia era folosită în slujba superstițiilor nu ne împiedică să recunoaștem metodele ei de observare sistematică a fenomenelor naturale pe baza cărora s-au făcut măsurători și predicții precise.

Savanții arabi au folosit traducerile lucrărilor de astronomie grecești și indiene pentru a dezvolta știința. Tot ei au înființat observatoare, cel mai important fiind cel din Maragheh, Persia, din anul 1259. Nu există însă dovezi certe că astronomii arabi au fost primii care au spus că Pământul se rotește. De regulă, se consideră că primul care a afirmat că Pământul se rotește în jurul axei sale și orbitează în jurul Soarelui, ca și celelalte planete, a fost Nicolaus Copernic, erudit și preot catolic. Cel mai probabil, s-a bazat

---

[i]) Vezi pagina 580.

[ii]) Vezi paginile 553 și 555.

pe argumentele de ordin geometric ale astronomilor arabi, precum Ala al-Din Ibn al-Shatir, pentru a compila cea mai importantă lucrarea a sa, *Despre revoluțiile sferelor cerești*, care contrazicea perspectiva biblică și cea aristotelică potrivit cărora Pământul se află în centrul universului. A refuzat să-și publice cartea până în 1543, anul morții sale, deoarece se temea de reacția Bisericii Catolice.[4]

Teoria lui Copernic a fost susținută și rafinată de astronomii Tycho Brahe și Johannes Kepler, dar dovezile matematice și observaționale în sprijinul ei au fost furnizate abia la începutul secolului al XVII-lea, de Galileo Galilei, care a construit unul dintre primele telescoape și a descoperit, printre altele, cei patru sateliți naturali ai planetei Jupiter și fazele planetei Venus.

Interacțiunea astronomiei cu filozofia naturală a jucat un rol major în apariția fizicii.

fizică Ramură a științei care studiază materia, energia, forța și mișcarea și relațiile dintre ele.

Apariția fizicii a trecut aproape neobservată la vremea respectivă, iar denumirea „filozofie naturală" a fost folosită multă vreme chiar și după ce s-au acumulat cunoștințe prin metode empirice, diferite de cunoașterea prin raționament și intuiție oferită de filozofie.

De fapt, fizica așa cum o înțelegem astăzi a început să înmugurească din filozofia naturală încă din secolul al VI-lea d.Hr. Într-un experiment atribuit de obicei lui Galilei, deși a avut loc cu mai bine de o mie de ani înainte de nașterea lui, Ioan Filopon a contrazis teoria lui Aristotel despre căderea corpurilor, aruncând două obiecte cu greutate foarte diferită și arătând că ating pământul în același timp.[5] Acest mugure însă nu a înflorit. Opt secole mai târziu, un grup de savanți cunoscuți drept calculatorii de la Oxford au introdus măsurătorile și calculele în filozofia naturală creând conceptul de viteză; de asemenea, au făcut distincția între căldură și temperatură.[6] Nici acest mugure nu a înflorit.

Galilei citise despre experimentul lui Filopon. El a exprimat în termeni matematici accelerația uniformă a corpurilor în mișcare și a pus în mare măsură bazele mecanicii pe care Isaac Newton a publicat-o în 1687, cu cele trei legi ale mișcării și legea gravitației universale, în urma cărora cosmologia lui Aristotel a fost abandonată. Experimentele lui Newton cu prisme care separă lumina albă în diferite culori au condus la teoria că lumina constă în corpuscule sau particule mici, care se supun legilor mișcării.

În perioada de aproximativ 150 de ani de la mijlocul secolului al XVI-lea până la sfârșitul secolului al XVII-lea, gândirea științifică apărută în special în Europa nu numai că a contrazis multe dintre ideile filozofiei naturale, astronomiei și medicinii care își aveau rădăcinile în vremuri străvechi, dar

a propus teorii noi, cu predicții susținute de observații și experimente sistematice. Mai târziu a fost botezată „revoluție științifică".

Apariția ei a fost rezultatul a cinci factori sinergici. În primul rând, traducerea în latină a traducerilor și dezvoltărilor arabe ale textelor antice grecești din secolul al XII-lea a contribuit la conturarea Renașterii. Revitalizarea culturii clasice a condus mai întâi la acceptarea autorității unor gânditori precum Aristotel și Galen, deschizând apoi calea îndoielii în legătură cu ideile lor.

În al doilea rând, nevoia tot mai mare de cunoaștere a dus la creșterea numărului de universități în Europa renascentistă, unde ideile erau răspândite și dezbătute.

În al treilea rând, tehnologia pentru supraviețuire s-a adaptat noii cunoașteri și a avut de câștigat. Fabricarea sticlei s-a rafinat în orașele italiene Veneția și Florența în secolul al XIII-lea și a folosit la crearea unor lentile pentru lupe și apoi pentru ochelari care compensau slăbirea vederii. Totuși, inventarea telescopului, atribuită producătorilor olandezi de ochelari, s-a petrecut abia în 1608. Unul dintre aceștia, Hans Lippershey, descoperise din întâmplare că privind prin două lentile de lungimi optice diferite, aliniate, obiectele aflate la distanță se văd mai mari. El a numit acest instrument „sticla de spionare", deoarece voia să-l folosească pentru a spiona de la distanță armatele inamice în timpul războiului.

Știrea despre această invenție s-a răspândit. În august 1609, matematicianul și savantul Thomas Harriot a construit un telescop cu putere de mărire 6 pentru a observa Luna. Galilei a construit unul cu putere de mărire 20, cu ajutorul căruia a observat Luna, a descoperit cei patru sateliți ai lui Jupiter și a clarificat problema nebuloaselor; și-a publicat rezultatele în martie 1610.[7] Cu fiecare creștere a puterii de mărire a lentilelor se obțineau tot mai multe cunoștințe despre corpurile cerești și mișcările lor.

Ceea ce a făcut telescopul pentru astronomie a făcut microscopul pentru științele vieții.

Modalitățile de măsurare a timpului, precum ceasul solar, ceasul cu apă și clepsidra, fuseseră inventate pentru scopuri astrologice/astronomice, agricole, religioase și altele. Totuși, ceasul cu pendulă, inventat în 1665 de cercetătorul olandez Christiaan Huygens, a oferit o mult mai mare precizie și a fost folosit pentru adunarea de date și testarea de teorii în astronomie și fizică.

În al patrulea rând, cunoașterea s-a răspândit tot mai repede datorită unei alte invenții tehnologice. Tiparul pe hârtie fusese inventat în China în secolul al IX-lea, pentru copierea și distribuirea învățăturilor lui Buddha, însă matrița bazată pe caractere de metal mobile, inventată în anul 1439 de Johannes Gutenberg, a dus la creșterea vitezei de tipărire și a volumului de tipărituri și deci la diseminarea mai rapidă a noilor descoperiri și teorii.

În al cincilea rând, dezvoltarea cooperării dintre cei stimulați de diseminarea cunoașterii a dus la noi descoperiri. Competiția era încă un factor puternic, fapt demonstrat, de exemplu, de încercările de patentare a telescopului și de rivalitățile dintre oamenii de știință precum Newton și Leibniz, cu privire la inventarea calculului diferențial. Totuși, din ce în ce mai mult, oamenii de știință din noile generații au adoptat o abordare diferită, cooperând pentru dezvoltarea ideilor și răspândirea informațiilor despre descoperiri.

În anul 1652, un grup de medici din orașul german Schweinfurt au întemeiat *Academia Naturae Curiosorum*, din care s-a dezvoltat apoi Academia Germană de Științe. În 1670, aceasta a editat prima revistă medicală și științifică din lume. În 1660, un grup din care făceau parte Robert Boyle și Christopher Wren a hotărât să se întâlnească săptămânal și să schimbe informații, să discute și să facă experimente. În anul următor primise deja recunoaștere oficială regală. Societatea Regală din Londra pentru Îmbunătățirea Cunoștințelor despre Natură, care a devenit apoi Societatea Regală, și-a ales drept motto *Nullius in verba* (nu te încrede doar în vorbe) ca o expresie a hotărârii de a nu lua de bună nici o afirmație și de a o verifica prin experiment și observație. Această societate și-a diseminat descoperirile în publicația *Proceedings of the Royal Society*. Un model asemănător a fost adoptat odată cu fondarea în 1666 a Academiei Franceze de Științe, a Academiei Prusace de Științe, în 1700, și a Academiei Ruse de Științe, în 1725.

EVOLUȚIA GÂNDIRII ȘTIINȚIFICE

După ce a apărut, gândirea științifică s-a dezvoltat rapid, datorită factorilor deja menționați și mai ales datorită accesului tot mai larg la educație, dezvoltării de noi tehnologii destinate numai cercetării științifice, nu adaptate pornind de la cele deja existente, dezvoltării unor mijloace mai eficiente de copiere și diseminare a informației și unei cooperări tot mai extinse.

Toate acestea au condus la o expansiune rapidă a cunoașterii științifice, în urma căreia gândirea științifică s-a ramificat în domenii din ce în ce mai specializate, cu societăți și publicații proprii și cu departamente de sine stătătoare în universități. Figura 29.1 este o încercare de ilustrare a acestui proces. Are în centru ramura filozofiei naturale prezentată în figura 28.2. Ca și acea figură, este o imagine bidimensională a unui proces tetradimensional dinamic și interactiv. Pentru mai multă claritate, nu sunt figurate toate ramurile și subramurile.

Apariția gândirii științifice nu i-a determinat pe cei care o practicau să renunțe la gândirea superstițioasă. Dimpotrivă. Superstiția, reprezentată în figura 28.2 ca o ramură majoră aflată în interacțiune cu filozofia naturală,

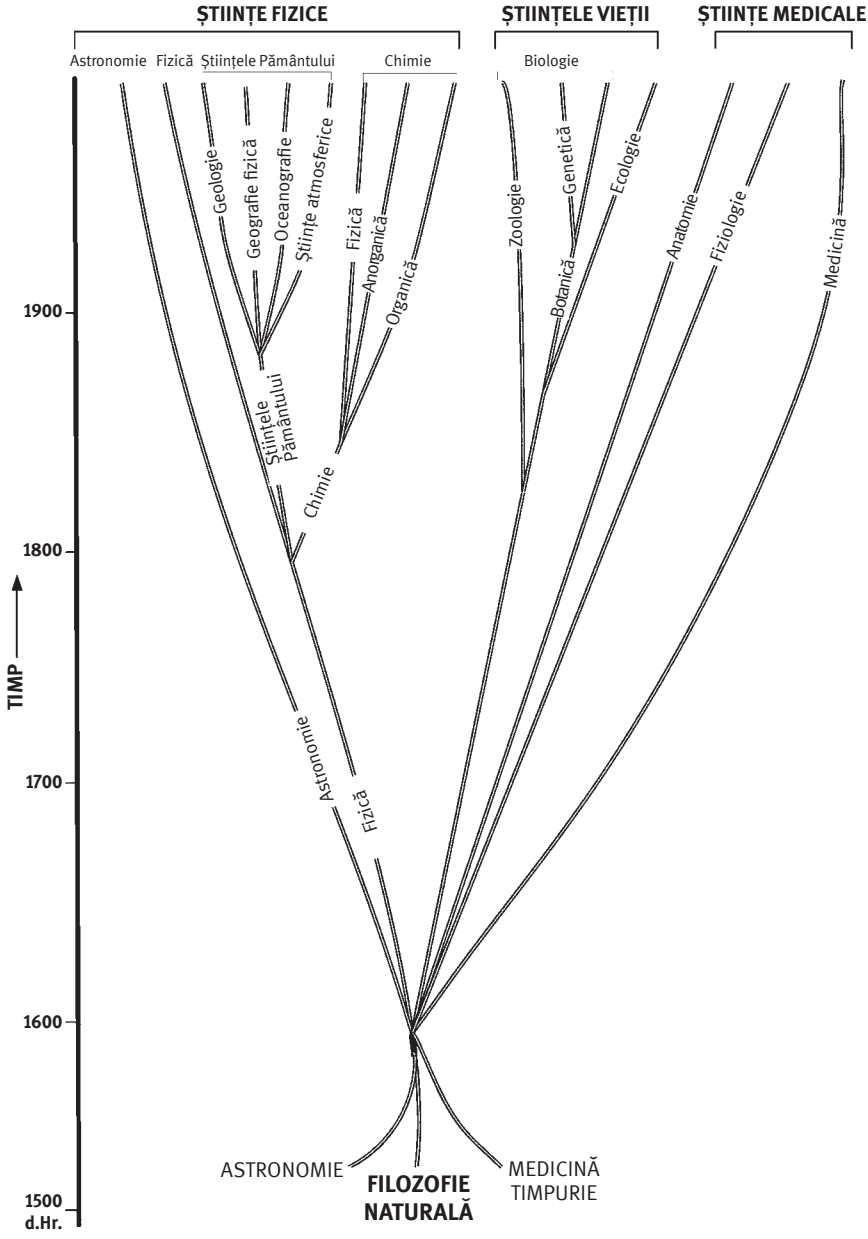


Figura 29.1 Dezvoltarea primelor ramuri ale științei din filozofia naturală. O imagine simplificată, bidimensională, a unui proces tetradimensional dinamic și interactiv. Pentru mai multă claritate, nu sunt figurate toate ramurile și subramurile. Interacțiunea superstiției cu filozofia naturală și cu fizica, de exemplu, a jucat un rol important (vezi textul). Este dificil de stabilit momentul în care un nou mugure formează o subramură distinctă; prin urmare, scara temporală este o simplă estimare.

a comunicat în continuare cu știința. John Dee, celebrul matematician, astronom, geograf și hidrograf din secolul al XVI-lea, încerca să intre în legătură cu îngerii folosind rugăciuni, cristale, oglinzi, numere mistice și alte metode magice. Observațiile și calculele lui Kepler au arătat că orbitele planetelor în jurul Soarelui sunt eliptice, nu circulare, dar el a continuat să practice astrologia, crezând că mișcările și poziția Lunii, Soarelui și planetelor influențează comportamentul și soarta oamenilor. Newton, descris adesea drept părintele fizicii, dacă nu chiar al științei, și-a dedicat cea mai mare parte a vieții alchimiei, arta esoterică a transformării metalelor în aur și descoperirii elixirului vieții veșnice. Potrivit lui Anthony Gottlieb, istoric al filozofiei, Newton a scris mai mult de un milion de cuvinte într-un limbaj de neînțeles în legătură cu acest subiect.[8] Toate acestea confirmă tiparul conform căruia noile ramuri ale gândirii sunt în mod inevitabil împletite cu rădăcinile lor.

Înainte de a arăta cum și de ce aceste ramuri timpurii ale gândirii științifice s-au ramificat ulterior, așa cum se vede în figura 29.1, voi menționa două tehnologii folosite de toate ramurile și al căror progres demonstrează desfășurarea rapidă a acestei etape a gândirii umane.

Prima tehnologie constă în instrumentele de calcul. Mașinile de calcul mecanic s-au dezvoltat în secolul al XVII-lea, versiunile mai sofisticate rămânând în folosință până în secolul XX. Totuși, în a doua jumătate a secolului XX, computerele cu tranzistori folosind calculul și stocarea digitale s-au dezvoltat datorită microprocesoarelor, făcând loc apoi computerelor cu 128 de biți de memorie RAM și, în anii '70, PC-urilor și apoi supercomputerelor precum Titan, destinat studiilor climatice. Prezentat în anul 2012, acesta execută 17,59 de mii de bilioane de calcule pe secundă, fiind de zece ori mai puternic decât cel mai puternic computer de până atunci.

A doua tehnologie constă în diseminarea cunoașterii, care stimulează apariția noilor idei. Mașina manuală de tipărit cu matriță metalică a lui Gutenberg, din secolul al XV-lea, a devenit mult mai rapidă odată cu inventarea în 1810 a presei cu abur. Viteza și volumul producției au crescut și mai mult, reducând costurile materialului tipărit, odată cu inventarea plăcilor offset la începutul secolului XX. Totuși, digitalizarea și dezvoltarea, începând cu anii '70, a rețelelor de computere, ducând la apariția internetului, urmat de World Wide Web (WWW), nu numai că a favorizat diseminarea practic instantanee a informației, ci a globalizat-o.

WWW a fost inventat în 1991 de Tim Berners-Lee, de la CERN (Centrul European de Cercetare Nucleară), cu scopul de a împărtăși informația științifică din domeniul fizicii nucleare. În 1993, când a devenit popular odată cu introducerea unui browser cu o interfață grafică și CERN l-a pus gratuit la dispoziția oricăror utilizatori, WWW a schimbat și a democratizat accesul

la informație. Înainte, lucrările științifice erau publicate în revistele societăților științifice precum Societatea Regală și circulau între membrii lor și abonați precum bibliotecile universitare, mai ales din țara de origine. Acum există versiuni digitale ale acestor reviste și ale lucrărilor individuale, care pot fi descărcate de oricine, oriunde în lume, contra cost. În plus, resurse cu acces public precum arXiv (care a început cu fizica în 1991, dar apoi s-a extins și la alte științe) și PLoS (Public Library of Science, din 2003) le permit cercetătorilor să-și facă cunoscută munca, fără nici un cost. Mulți cercetători oferă de asemenea copii pentru descărcare gratuită pe site-urile lor, în timp ce motoare de căutare precum Google Scholar facilitează căutarea de publicații după tematică și autori.

Științele fizice

Astronomia

Telescopul a fost inventat pentru spionarea armatelor inamice. Totuși, odată ce a apărut astronomia modernă, după respingerea credinței într-un univers având în centru Pământul, astronomii au dezvoltat tehnologii care să servească mai curând nevoilor lor decât altor scopuri.

Newton și-a dat seama că telescopul refractor, care consta în două lentile de sticlă, ar da refracții diferite ale luminii pentru culori diferite, drept care a dezvoltat telescopul reflector, care folosește oglinzi în locul lentilelor, pentru a elimina aberațiile cromatice. Acest telescop, cu o construcție din ce în ce mai sofisticată, a devenit principalul tip de telescop astronomic. Dacă la început oamenii observau cerul pe cont propriu, cu propriile instrumente, mai apoi s-au format echipe din ce în ce mai mari de astronomi și tehnicieni, iar în urma cooperării lor a fost construit, de exemplu, European Extremely Large Telescope, situat în Chile și planificat să intre în funcțiune din 2020. Oglinda sa principală va fi compusă din 798 de segmente hexagonale atingând un diametru total de 40 m și va fi capabilă să capteze mai multă lumină decât toate celelalte telescoape existente pe planetă la un loc.[9]

Descoperirea din întâmplare, în 1931, a emisiilor naturale de unde radio din spațiu l-a determinat pe inginerul Grote Reber să construiască în curtea sa un telescop radio parabolic de 9 m cu ajutorul căruia în 1940 a localizat sursa lor, galaxia Calea Lactee. În 1957 departamentul de astronomie al Universității din Manchester a încheiat construirea unui radiotelescop de 76 m la Jodrell Bank, în nord-vestul Angliei, pentru a studia radiațiile cosmice, meteorizii, cuasarii, pulsarii și alte surse de unde radio și de asemenea pentru a localiza sondele spațiale.

Investigarea fenomenelor cosmice pe baza emisiilor și absorbțiilor lor la frecvențe din afara spectrului vizibil a avut drept rezultat dezvoltarea unor

tehnologii tot mai avansate și o cooperare tot mai extinsă, nu numai între membrii aceleiași universități. Observatorul Solar Orbital, o serie de opt sateliți lansați între 1962 și 1971 de NASA, a detectat imagini la lungimi de undă ultraviolete și de raze X, care ar fi fost filtrate de atmosfera Pământului. Telescopul spațial Hubble, lansat în 1990 de NASA și operat nu numai de cercetătorii de la NASA, ci și de cei de la Agenția Spațială Europeană, a obținut imagini folosind lungimi de undă vizibile, ultraviolete și apropiate de infraroșu. La sfârșitul secolului XX mai multe echipe internaționale de astronomi au început să cartografieze secțiuni ale cerului în toate zonele spectrului electromagnetic, folosind analiza computerizată, imagistica digitală și reconstrucțiile.

Fizica

Fizicienii se mândresc cu un aforism care spune că „dacă un biolog nu înțelege, îl întreabă pe un chimist; dacă un chimist nu înțelege, îl întreabă pe un fizician; iar dacă un fizician nu înțelege, îl întreabă pe Dumnezeu". Acest aforism reflectă realitatea că fizica este știința fundamentală, deoarece relațiile dintre materie, energie, forță și mișcare stau la baza tuturor celorlalte științe fizice, care s-au ramificat din fizică pe măsură ce numărul din ce în ce mai mare de cunoștințe a dus la apariția unor domenii de studiu tot mai specializate.

Deși pentru mai multă claritate în figura 29.1 fizica figurează ca o singură ramură, ea s-a ramificat în subramuri precum mecanica – ramificată la rândul ei în mecanica solidelor și mecanica fluidelor, care include alte ramuri precum hidrostatica (forțele fluidelor în stare de repaus), hidrodinamica (forțele fluidelor în mișcare), aerodinamica și pneumatica – acustica, optica, termodinamica, electricitatea statică și curentă și magnetismul.

Pe baza acestor domenii ale fizicii clasice, care studiau fenomene direct observabile, fizicienii au dezvoltat tehnologii pentru investigarea materiei și energiei ce nu se pot observa în mod normal. În urma cercetărilor asupra deșeurilor radioactive pe care le-a desfășurat la sfârșitul secolului al XIX-lea și începutul secolului XX, Ernest Rutherford a postulat existența nucleului atomic. Acest lucru a condus la începutul secolului XX la o a doua revoluție științifică, marcată de formularea teoriei cuantice și a teoriei relativității.

Astfel au apărut și mai multe ramificații tot mai specializate ale fizicii atomice, precum fizica nucleară, fizica particulelor și fizica plasmei.

Dacă în trecut fizicienii lucrau pe cont propriu, precum Einstein, sau în laboratoare mici, precum Rutherford și J.J. Thomson, la Laboratorul Cavendish de la Cambridge, odată cu a doua revoluție științifică cooperarea între cercetători și chiar între țări s-a dezvoltat tot mai mult. Cele 20 de state membre ale CERN, înființat în 1954, susțin financiar construirea acceleratoarelor de particule concepute de fizicienii și inginerii săi pentru studierea

interacțiunilor dintre particulele elementare. În 2008 a început să funcționeze cel mai mare și mai complex produs tehnologic din toate timpurile, Marele Accelerator de Hadroni.

Fiecare dintre subramurile specializate ale fizicii are propriul subdepartament în cadrul departamentelor de fizică ale universităților și propriile publicații specializate.

Chimia

O subramură care a fost recunoscută ca știință cu drepturi depline este chimia.

> **chimie** Ramură a științei care investighează proprietățile, compoziția și structura substanțelor și modificările pe care acestea le suferă atunci când se combină sau intră în reacție în condiții determinate.

Își are rădăcinile în alchimie, în fabricarea manuală a muniției și în remediile medicale. Dar nu se poate spune exact când a apărut ca știință în sensul actual al cuvântului. În special în spațiul anglofon, acest moment îi este atribuit teologului și fizicianului englez Robert Boyle, cunoscut mai ales pentru legile sale referitoare la proprietățile gazelor. Se consideră că lucrarea sa *The Skeptical Chymist*, din 1661, a marcat desprinderea chimiei de arta ezoterică a alchimiei. Aceasta este însă o interpretare greșită a cărții, care îi critică numai pe acei alchimiști care au renunțat în cercetările lor la orice fundament teoretic. Boyle a practicat alchimia până la sfârșitul vieții.

Chimia s-a desprins pe deplin de rădăcinile ei superstițioase și a devenit o ramură a fizicii în ultimul sfert al secolului al XVIII-lea, prin eforturile unui grup de oameni de știință francezi în frunte cu Antoine Lavoisier. Deoarece alchimiștii și fabricanții de muniție își desfășurau munca în secret, compușii și interacțiunile primeau nume diferite, astfel încât comparațiile și testele independente erau dificile, dacă nu chiar imposibile. Lavoisier a introdus o nomenclatură chimică nouă, care le-a permis chimiștilor să împărtășească și să-și îmbogățească cunoștințele empirice, și a scris primul manual de chimie, care includea un program de cercetare și o metodologie cantitativă pentru viitorii chimiști.

Recunoașterea ca ramură separată a științei a venit odată cu înființarea unor societăți precum Societatea de Chimie din Londra, în 1841, care a devenit Societatea Regală de Chimie, urmată de societăți asemănătoare în Germania, SUA și în alte locuri, și a unor departamente separate în universități.

Creșterea gradului de cunoaștere și înțelegere a dus la ramificarea acestei ramuri a științei. Chimiștii au recunoscut că proprietățile compușilor de origine biologică sunt foarte diferite de cele ale compușilor de origine minerală, drept care unii dintre ei s-au specializat în ceea ce au denumit chimie organică. În 1828, Friedrich Wöhler a descoperit că o moleculă or-

ganică poate fi compusă din molecule anorganice, astfel încât definiția s-a schimbat. Chimia organică a devenit chimia carbonului și compușilor săi, iar chimia anorganică acoperea toate celelalte elemente, în timp ce chimia fizică studia proprietățile fizice ale substanțelor, precum comportamentul lor electric și magnetic și interacțiunile lor cu câmpurile electromagnetice.

Aceste ramuri s-au ramificat în continuare în domenii specializate precum chimia organo-metalică, chimia polimerilor și nanochimia.

Științele Pământului

Este încă și mai dificil de stabilit momentul în care științele Pământului s-au desprins ca domeniu de sine stătător.

> **științele Pământului** Ramuri ale științei care studiază originea, natura și comportamentul Pământului și părților sale componente, inclusiv interacțiunile dintre ele.

Între secolele al X-lea și al XII-lea învățații din imperiul musulman au scris despre astfel de lucruri. În partea a doua a compendiului său *Cartea vindecării*, publicat în 1027, eruditul persan Avicenna propune, pe baza studiilor de teren întreprinse în zona Uzbekistanului de astăzi, explicații pentru formarea munților, originea cutremurelor, formarea mineralelor și fosilelor și alte subiecte care țin astăzi de geologie și meteorologie.[10] La sfârșitul secolului al XV-lea, Leonardo da Vinci a făcut speculații corecte despre natura fosilelor și rolul râurilor în eroziunea solului și în stratificarea rocilor sedimentare.

Se poate spune că științele Pământului au apărut ca disciplină separată în 1795, când James Hutton[i] și-a publicat teoria despre uniformism, care spune că procesele de modelare a Pământului pe care le observăm astăzi, precum eroziunea, vulcanismul și altele, au fost răspunzătoare de modelarea sa și în trecut. Rezultă că Pământul are o vechime mult mai mare decât cea calculată în Biblie, iar trăsăturile sale nu au rezultat în urma unor evenimente catastrofice precum potopul de pe vremea lui Noe.

Științele Pământului s-au dezvoltat în patru ramuri ce interacționează: geologia, studiul crustei Pământului (litosfera), care s-a ramificat la rândul ei în mineralogie, petrologie, paleontologie și sedimentologie; geografia fizică, studiul suprafeței Pământului; oceanografia; științele atmosferice.

Științele vieții

În capitolul 16, în care este descrisă evoluția ideilor despre evoluția biologică, am arătat cum au apărut științele vieții.

Dezvoltarea acestui domeniu, desemnat la vremea aceea drept istorie naturală, de care se ocupau mai ales clericii și oamenii înstăriți, până la

[i]) Vezi paginile 300–301.

nivelul științelor vieții de astăzi, a avut ca resort nu numai invidia față de fizică – dorința de a conferi biologiei o bază matematică[i] –, ci și progresele tehnologice. Creșterea puterii de mărire a microscopului cu o singură lentilă al lui Leeuwenhoek a fost obținută prin inventarea și dezvoltarea unui microscop compus, care putea mări de maximum 2000 de ori, limită impusă de lungimea de undă a luminii vizibile; acesta a fost eclipsat în anii 1930 odată cu inventarea microscopului electronic, care acum poate mări de peste un milion de ori.

Imagistica cu raze X, care s-a dezvoltat la începutul secolului XX în urma descoperirii făcute de Röntgen în 1895, a permis vizualizarea unor elemente precum structura scheletului sub piele și țesuturi, iar în 1953, cu ajutorul difracției cu raze X, a fost identificată structura ADN-ului, moment care a marcat începutul unei noi epoci în biologia moleculară.[ii]

Rata inovațiilor tehnologice a crescut și mai mult în a doua jumătate a secolului XX cu tehnici precum spectroscopia prin rezonanță magnetică nucleară (RMN), pentru studiul structurii moleculare, măsurarea ratei metabolice, imagini ale structurilor interne moi, precum mușchii și tendoanele, tomografia cu emisie de pozitroni (PET), pentru monitorizarea activității metabolice sau biochimice cu un trasor radioactiv injectat în sânge, și fMRI (imagistica funcțională prin rezonanță magnetică), pentru cartografierea activității neuronale din creier.

Biologia s-a ramificat în zoologie – având la rândul ei ca subramuri discipline specializate precum etologia (comportamentul animalelor), entomologia (studiul insectelor), biologia marină, ornitologia și primatologia – și botanică, din care s-a desprins genetica, la începutul secolului XX.

Bogăția de date obținute cu ajutorul tehnologiilor din ce în ce mai sofisticate și răspândirea lor au dus la ramificarea continuă a științelor vieții, în a doua jumătate a secolului XX, în domenii tot mai specializate precum neuroștiințele, biologia celulară, biologia moleculară, genomica și bioinformatica.

Un exemplu grăitor pentru cooperarea tot mai extinsă este Proiectul Genomului Uman inițiat în 1990. Finanțat în special de Institutul Național de Sănătate din SUA și de o fundație caritabilă din Anglia, Wellcome Foundation, acest proiect a adunat mii de geneticieni din peste 100 de laboratoare din SUA, Anglia, Japonia, Franța, Germania, Spania și alte 13 țări care au lucrat împreună peste 13 ani pentru a crea o hartă a genomului uman. Desigur, competiția nu a dispărut. Corporația Celera Genomics, condusă de Craig Venter, a urmărit același obiectiv, dorind să-și patenteze rezultatele și să le exploateze pentru profit.

---

[i]) Vezi pagina 328.

[ii]) Vezi pagina 330.

Ştiinţele medicale

Potrivit lui Sherwin B. Nuland, profesor de chirurgie clinică la Yale, medicii au folosit tratamente bazate pe vechea idee a umorilor corpului timp de aproape trei secole după ce s-a demonstrat empiric că este greşită.[11] Totuşi, ştiinţele medicale au evoluat, în special din al doilea sfert al secolului XX, aplicând multe dintre tehnologiile folosite de ştiinţele vieţii, şi s-au ramificat la rândul lor în discipline specializate.

Una dintre cele mai semnificative dezvoltări a constat în tehnologia ingineriei genetice, prin care sunt introduse în celulele unui organism gene noi sau modificate. Această tehnică a fost folosită pentru a obţine medicamente precum insulina şi hormonul de creştere uman. Cea mai spectaculoasă aplicaţie planificată va fi terapia genelor umane prin înlocuirea genelor defectuoase implicate în circa 3000 de afecţiuni. Deşi conceptul este relativ simplu, după optimismul de la începutul anilor ’90 progresele au încetinit, din cauza unor probleme legate de implementare şi de eliminarea efectelor secundare fatale care apar în urma folosirii vectorilor retrovirali pentru inserarea genelor în genom.

Psihologia

Psihologia, o ştiinţă mai nouă, care a apărut la sfârşitul secolului al XIX-lea, îşi are rădăcinile în filozofie.

> **psihologie** Ramură a ştiinţei care investighează procesele mentale şi comportamentele indivizilor şi grupurilor.

Denumirea sa provine din cuvântul grecesc *psyché*, care înseamnă suflet sau suflu, şi are înţelesul de studiu al minţii. În secolul al XVII-lea filozoful şi matematicianul francez René Descartes a făcut următoarea distincţie dintre corp şi minte: corpul este alcătuit din materie, măsurabilă şi divizibilă; mintea este o entitate complet diferită, fără corporalitate, indivizibilă şi nonspaţială a cărei funcţie este gândirea. Aceasta este perspectiva filozofică numită dualism.

> **dualism** Speculaţia sau credinţa că există două componente fundamentale ale universului: materia şi mintea, sau conştiinţa.

Desprinderea ştiinţei psihologiei din filozofie a început în 1879, când fiziologul Wilhelm Wundt a înfiinţat primul laborator de psihologie, la Universitatea din Leipzig, pentru studierea experimentală a senzaţiilor, memoriei şi învăţării. Munca sa a atras studenţi din întreaga lume, iar în 1881 a fondat prima revistă pentru prezentarea rezultatelor psihologiei experimentale. În 1890, William James, filozof şi profesor de fiziologie la Harvard, a publicat *Principles of Psychology*, în care a adoptat abordarea experimentală,

dar a evidențiat și experiența subiectivă a minții. Asociațiile profesionale și departamentele universitare de psihologie și filozofie s-au separat abia în secolul XX.

După aceea, psihologia s-a dezvoltat rapid, ramificându-se, în funcție de scopul, obiectul și metoda de studiu, în numeroase discipline și școli de gândire care se întrepătrund. Scopurile comune sunt fie acumularea de cunoaștere și înțelegere, fie aplicarea acestei cunoașteri. Printre ramurile psihologiei aplicate se numără cele ale psihologiei clinice – vizând vindecarea unor afecțiuni precum schizofrenia și depresia –, ale psihologiei educaționale – de exemplu psihologia copilului – sau ale psihologiei motivaționale – de exemplu psihologia sportivă. Printre obiectele de studiu se numără memoria, învățarea, emoțiile, personalitatea și comportamentul de grup, în timp ce metodele variază de la folosirea medicației, hipnoză, psihanaliză, chestionare și experimente până la tehnici ale neuroștiințelor precum PET și RMN. Printre cele mai importante școli se numără behaviorismul, școala freudiană și școala jungiană. În capitolul 24 am discutat două idei behavioriste care au avut o foarte mare influență la începutul și mijlocul secolului XX – reflexul condiționat al lui Pavlov și condiționarea operantă a lui Skinner – și am conchis că nu au reușit să explice de ce oamenii gândesc și se comportă așa cum o fac.[i]

La începutul anilor 1960 cele mai multe dintre aceste discipline se mutaseră din departamentele universităților în spitale, clinici, cabinete private și companii. Mă voi concentra în continuare asupra a două dintre numeroasele subramuri ale psihologiei, care încearcă să răspundă la întrebarea centrală a acestei investigații: ce suntem?

Neuropsihologia

Francis Crick, care a primit împreună cu alți trei colegi Premiul Nobel pentru descoperirea structurii ADN-ului, a răspuns succint la această întrebare în cartea sa din 1994, *The Astonishing Hypothesis*:

> Ipoteza uimitoare este că „Tu", bucuriile și durerile tale, amintirile și ambițiile tale, identitatea personală și liberul-arbitru sunt de fapt comportamentul unui vast ansamblu de celule nervoase și al moleculelor asociate lor.[12]

La fel ca majoritatea oamenilor de știință, Crick a respins dualismul lui Descartes în favoarea monismului:

> **monism** Speculația sau credința că toate lucrurile care există sunt formate din sau sunt reductibile la aceeași realitate fundamentală sau la același principiu de existență,

[i]) Vezi paginile 461–462.

cu versiunea sa numită fizicalism:

> **fizicalism** Speculația sau credința că numai materia fizică este reală și că toate celelalte lucruri, precum mintea, conștiința sau gândurile, vor fi explicate în cele din urmă ca lucruri fizice sau ca interacțiuni ale acestora. Numit și materialism, fizicalismul cuprinde o perspectivă mai largă asupra caracterului fizic decât cea care se rezumă la materie, luând în considerare, de exemplu, forțe nonmateriale care au la bază materia, precum gravitația.

Perspectiva lui Crick poate fi considerată o formă de reducționism ontologic. Nu suntem în nici un caz numai comportamentul neuronilor noștri și al moleculelor asociate. Neuronii transmit impulsurile electrice ca răspuns la stimuli, dar neuronii și rețelele lor nu înțeleg conținutul informațional al acestor impulsuri.

Chiar dacă am conveni că mintea noastră este generată de neuroni și de interacțiunile dintre ei, mintea nu este același lucru cu creierul. De exemplu, decizia ta de a-ți împușca vecinul provoacă în creierul tău activarea unor neuroni care trimit semnale pentru a activa mușchii brațului și degetelor tale ca să poți apuca arma, s-o îndrepți spre vecin și să apeși pe trăgaci. Dar nu neuronii din creierul tău iau această decizie.

Mai mult, neuropsihologia, sau cel puțin cea despre care vorbește Crick, nu a fost capabilă să furnizeze observații sau experimente independente și verificabile pentru a explica ce înseamnă să ai o experiență subiectivă a fenomenelor, precum conștiința de sine, sentimentul de mândrie, trăirile stârnite de muzică sau de vederea unei culori (denumite qualia). Problema este descrisă de doi specialiști în neuroștiințe, V.S Ramachandran și Colin Blakemore:

> Enigma ce înconjoară qualia este cel mai bine ilustrată printr-un experiment mental. Imaginați-vă un specialist în neuroștiințe dintr-un secol viitor, care cunoaște perfect funcționarea creierului – inclusiv mecanismul vederii cromatice –, dar care se întâmplă că nu distinge culorile și nu poate să facă diferența dintre roșu și verde. Folosește cele mai avansate tehnici de scanare pentru a genera o descriere completă a tuturor evenimentelor electrice și chimice din creierul unui om normal care se uită la un obiect de culoare roșie. Analiza funcțională poate să pară completă, dar cum poate fi așa fără o explicație a naturii experienței unice a vederii culorii roșii, pe care cercetătorul nu a avut-o niciodată? Există o prăpastie epistemologică adâncă între descrierea evenimentelor fizice ale creierului și experiențele personale și subiective despre care presupunem că sunt asociate cu aceste evenimente.[13]

Până când neuropsihologia va putea să explice empiric astfel de experiențe subiective, răspunsul lui Crick la întrebarea acestei investigații trebuie să rămână mai curând în domeniul filozofiei decât în cel al științei, și chiar și acolo argumentul său nu se susține.

Psihologia evoluționistă

Cealaltă subramură a psihologiei care încearcă să răspundă la întrebarea „ce suntem?“ este psihologia evoluționistă: ce suntem, adică ce gândim, ce simțim și cum ne comportăm, este determinat de acumularea timp de mii de generații a mutațiilor aleatorii răspunzătoare de mecanismele psihologice selectate în mod natural pentru a oferi un avantaj adaptativ în competiția pentru supraviețuire a strămoșilor noștri din epoca de piatră. Așa cum au spus Lena Cosmides și John Tooby, codirectori ai Centrului pentru Psihologie Evolutivă al Universității din California, Santa Barbara, „craniul nostru modern adăpostește o minte din epoca de piatră“.[14]

Afirmațiile psihologilor evoluționiști, care susțin de exemplu că mintea umană constă într-o vastă colecție de module computaționale distincte, fiecare modelat prin selecție naturală pentru a rezolva o anumită problemă a epocii de piatră, sunt extrem de discutabile. Metodele lor sunt modelele matematice centrate pe gene și pe teoria jocurilor din sociobiologie. Nu voi mai expune aici din nou defectele considerabile ale acestor modele, despre care am vorbit în capitolul 23[i] și care se dovedesc și mai deficiente atunci când sunt aplicate ființelor umane reflexive. Dovezile contrazic afirmațiile psihologilor evoluționiști. De exemplu, dacă te-ai născut și ai fost educat în Tibet, e mult mai probabil să gândești și să te comporți ca un budist decât dacă te-ai fi născut și ai fi fost educat în Arabia Saudită, unde e mult mai probabil să gândești și să te comporți ca un musulman, iar dacă te-ai fi născut și ai fi crescut în Falls Road, Belfast, ar fi mult mai probabil să fii un catolic care-i urăște pe protestanții născuți și crescuți în Shankill Road, de cealaltă parte a unui „zid al păcii“ înalt de 12 m.

În fața unor asemenea dovezi unii psihologi evoluționiști au renunțat la explicația rigidă a naturii umane care susține că suntem niște marionete ale genelor noastre. Ei propun în schimb ipoteza mediului adaptărilor evolutive, care spune că există o natură umană fundamentală, programată genetic pentru supraviețuirea în epoca de piatră, și că acest lucru determină gândirea, comportamentul și emoțiile, precum mândria și vina. Totuși, există și un program de dezvoltare controlat genetic care absoarbe informația din mediul social și modelează mintea aflată în proces de maturizare – este practic vorba de un reglaj fin al acestor facultăți fundamentale, astfel

[i]) Vezi paginile 438 și 450.

încât, de exemplu, unii simt mai pregnant vina decât alții. Am moștenit aceste gânduri, comportamente și emoții din epoca de piatră.[15] Nu există dovezi care să susțină această încercare speculativă de a raționaliza deficiențele determinismului genetic. În plus, această ipoteză nu reușește să explice felul în care gândirea umană, precum cea implicată în inventarea mecanicii cuantice pentru a explica interacțiunile particulelor subatomice sau în compunerea unei simfonii, a rezultat din natura umană programată genetic pentru supraviețuirea în epoca de piatră.

Următorul pas în trecerea către perspectiva care privilegiază mediul ca factor care influență ceea ce suntem este ipoteza coevoluției gene–cultură sau a moștenirii duale; aceasta susține că ceea ce suntem și felul în care ne comportăm rezultă din interacțiunea a două mecanisme evolutive diferite: mecanismul genetic și cel cultural. Nici această perspectivă nu este lipsită de probleme. De exemplu, unele studii confirmă, pe când altele infirmă existența unei baze genetice a homosexualității. Cele care susțin că există se înscriu în perspectiva neodarwinistă. În consecință, trebuie să explice cum de o astfel de combinație de gene este transmisă și se acumulează în fondul genetic uman de-a lungul mai multor generații, având în vedere că homosexualii sunt mult mai puțin susceptibili să aibă copii și să transmită respectivele gene. Încercările de acest fel[16] sunt în cel mai bun caz neconvingătoare.

Nu se poate nega că genele au jucat un rol în evoluția biologică umană sau că *ar putea* să joace un rol în evoluția gândirii, emoțiilor și comportamentului oamenilor. Totuși, așa cum am văzut în partea a doua, în ciuda afirmațiilor neodarwiniste, complexitatea rolului acestora, influența pe care o exercită și interacțiunea pe care o au cu mediul în evoluția biologică sunt insuficient înțelese în prezent. De aceea, cei care susțin determinismul genetic în domeniul psihologiei o fac cu mai puțină siguranță.

Pentru a avea tabloul complet, voi adăuga că facultatea conștiinței reflexive le dă oamenilor nu doar posibilitatea să-și depășească moștenirea genetică, ci și pe aceea de a-și depăși moștenirea culturală: mulți dintre cei născuți și crescuți în Falls Road au gândit că este greșit din punct de vedere moral să-i urască pe protestanții care trăiesc de cealaltă parte a „zidului păcii“ și militează pentru dărâmarea acestuia.

Interactivitatea și subramurile hibride

Imaginea bidimensională din figura 29.1 nu arată științele psihologice sau alte științe sociale, precum arheologia, antropologia și sociologia, care s-au ramificat din științele vieții la sfârșitul secolului al XIX-lea.

De asemenea, nu ilustrează nici abundența de subramuri și nici interacțiunile dintre ele în urma cărora rezultă subramuri noi, hibride, precum astrofizica, astrochimia, biogeografia și biochimia.

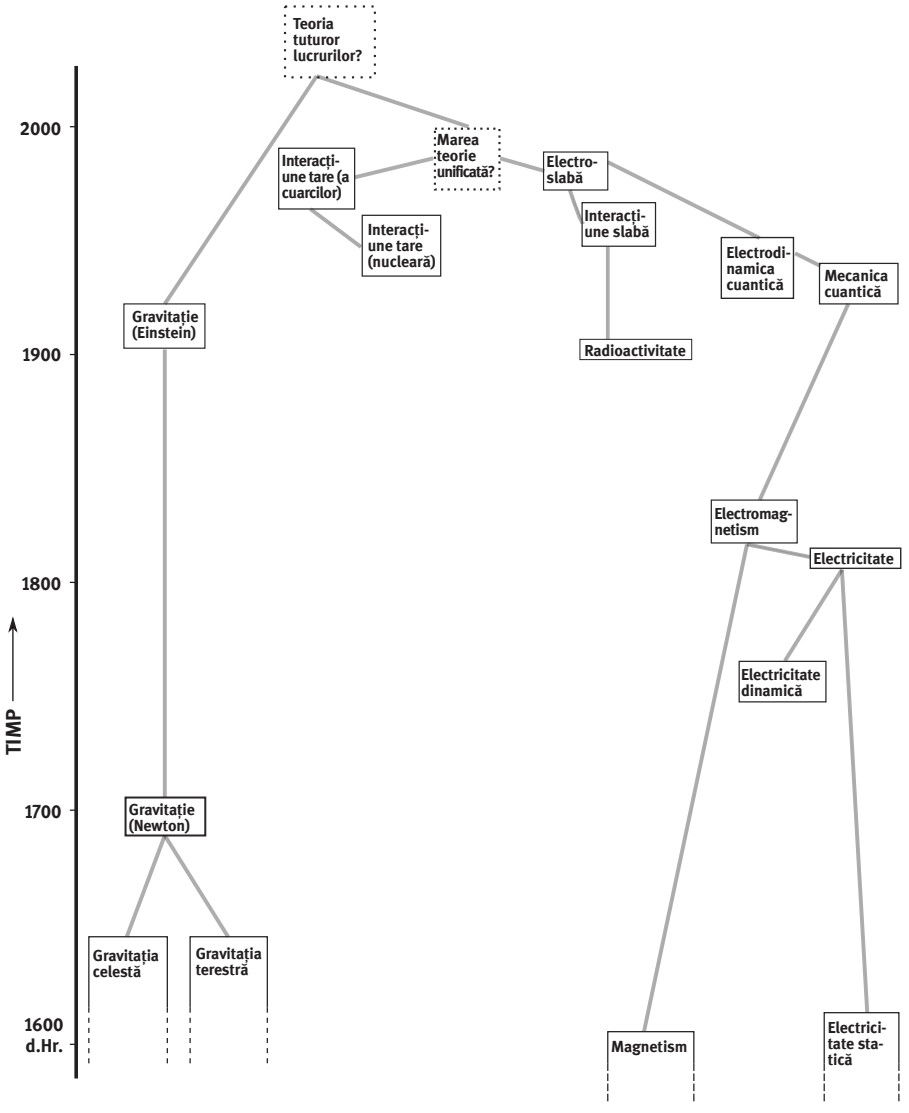


Figura 29.2 Convergența principalelor ramuri ale fizicii către o singură teorie care descrie toate interacțiunile dintre toate formele de materie.

Tendința convergentă

Figura 29.1 ilustrează modelul ramificării divergente a gândirii științifice de la sfârșitul secolului al XVI-lea. În opoziție cu această tendință dominantă, există și o tendință convergentă, în frunte cu știința fundamentală a fizicii.

Figura 29.2 se bazează pe expunerea descoperirii celor patru forțe fundamentale ale naturii din capitolul 8, pentru a ilustra această tendință. Înce-

puturile ei datează de la sfârșitul secolului al XVII-lea, când Newton a stabilit că forța care face obiectele să cadă pe pământ este aceeași forță care face planetele să orbiteze în jurul Soarelui și lunile să orbiteze în jurul planetelor lor. Curentul electric a fost descoperit la mijlocul secolului al XVIII-lea și considerat o manifestare a puterii electricității statice, care era cunoscută încă din Antichitate, iar în primul sfert al secolului al XIX-lea fizicienii au demonstrat că forța electrică și cea magnetică sunt aspecte diferite ale forței electromagnetice.

Înțelegerea faptului că la baza unor fenomene fizice aparent diferite stă aceeași cauză s-a accelerat în secolul XX. Fizicienii au teoretizat că forța electromagnetică în sine și forța nucleară slabă – interacțiunea dintre particulele elementare care este răspunzătoare pentru dezintegrarea nucleară și care este cu câteva ordine de mărime mai slabă decât forța electromagnetică – sunt manifestări particulare ale aceleiași forțe, pe care au numit-o forță electroslabă sau interacțiune electroslabă. Teoria a prezis existența unor noi particule, descoperite de experimentaliști.

Fizicienii teoreticieni au creat apoi mai multe modele matematice pentru o Mare Teorie Unificată, care unește forța electroslabă și forța nucleară tare, cea mai puternică dintre toate forțele cunoscute, care acționează numai pe distanțe foarte mici în cadrul nucleului atomic și leagă laolaltă particule din nucleu, deși nu s-au găsit până acum date experimentale care să valideze vreunul dintre aceste modele.[i]

Totuși, ținta fizicii este să unească aceste teorii, care caută să explice interacțiunile dintre fenomene la o scară foarte mică – de dimensiunea unui atom sau mai mică – cu ajutorul teoriei relativității, care explică interacțiunile la o scară foarte mare – de dimensiunea unei stele sau mai mare – într-o teorie a tuturor lucrurilor.[ii] Printre teoriile care aspiră la acest lucru se numără mai multe versiuni ale teoriei corzilor și teoria gravitației cuantice în buclă. Deși în prezent nu se cunoaște vreo cale prin care să putem supune testărilor empirice aceste ipoteze[iii], obiectivul fizicii teoretice, mai ales în ultimii douăzeci și cinci de ani, este de a încerca să demonstreze că toate fenomenele fizice din univers sunt manifestări energetice de un nivel inferior ale unei energii fundamentale de la începuturile universului.

Rezultatele gândirii științifice

Un rezultat al acestei etape a evoluției umane este creșterea cunoașterii empirice. Figura 29.1 nu o cuprinde în toată amploarea sa. Potrivit lui Derek de Solla Price, istoric al științei,

---

i) Vezi paginile 67 și 145.
ii) Vezi pagina 145.
iii) Vezi pagina 145.

> toate măsurătorile simple, oricum s-ar fi ajuns la ele, arată la o primă aproximare că știința se dezvoltă exponențial, cu o dobândă compusă de circa 7% pe an, dublându-și astfel volumul la fiecare 10-15 ani, crescând cu un factor de 10 la fiecare jumătate de secol și cu un factor aproape de un milion în cei 300 de ani care ne separă de inventarea lucrării științifice în secolul al XVII-lea, când a început procesul.[17]

Principala sa măsură a fost creșterea numărului de publicații științifice până în 1960. Peder Olesen Larsen și Markus von Ins au monitorizat această creștere în perioada 1907–2007 și au tras concluzia că nu există semne că această rată ar fi scăzut în ultimii 50 de ani.[18] Mai mult, așa cum am spus mai înainte în acest capitol, de la sfârșitul secolului XX și până acum trebuie să adăugăm la creșterea numărului de lucrări științifice și pe cele publicate pe site-urile cu acces liber precum arXiv, PLoS și pe paginile cercetătorilor.

Revenind la ramurile științifice individuale, o măsură a rezultatelor gândirii științifice în științele medicale este speranța de viață la naștere, ilustrată în tabelul 29.1.

Deși acestea sunt estimări aproximative, cu excepția celor făcute recent, uimitoare este creșterea semnificativă a speranței de viață în ultimii 100 de ani în țările dezvoltate din punct de vedere științific, precum SUA, care demonstrează fără echivoc că aceasta nu poate fi atribuită selecției naturale. Și nu a fost vorba de o simplă prelungire a vieții afectate de boală, ci de o extindere a vieții active.[19] Cea mai rezonabilă explicație este evoluția corelată a științelor medicale, care a produs o înțelegere a bolilor și a dezvoltării măsurilor pentru combaterea lor. De exemplu, apa potabilă, canalizarea, colectarea deșeurilor, controlul alimentar, programele pentru controlul țânțarilor și programele de educație sanitară au redus drastic răspândirea multor boli infecțioase.

Tabelul 29.1 Speranța de viață la naștere începând din neolitic.

Perioada	**Speranța de viață la naștere (ani)**
Neolitic (începând acum cca 10.500 de ani în Orientul Mijlociu)	21
Grecia antică și Roma antică (acum cca 2.800–1.500 de ani)	28
New England (America colonială) cca 1800 d.Hr.	35
SUA cca 1900 d.Hr.	47
SUA cca 2000 d.Hr.	77
Țările industrializate începutul secolului XXI	78

Surse: Oded Galor, Omer Moav, „The Neolithic Revolution and Contemporary Variations in Life Expectancy", *Working Papers*, Economics, Brown University, 2007; „Mortality", *Encyclopædia Britannica Online*, 2013; „Life Expectancy", *Gale Encyclopedia of American History*, 2006.

Vaccinurile au eliminat aproape complet bolile comune din trecut precum difteria, poliomielita, variola, varicela, oreionul și rubeola. Pe lângă tehnologiile folosite pentru diagnosticare, menționate mai devreme, această perioadă a cunoscut dezvoltarea unor intervenții chirurgicale tot mai complicate, inclusiv a transplanturilor de rinichi, inimă și alte organe.

În partea întâi a acestei cărți și în primul capitol din partea a doua am evidențiat rezultatele majore ale gândirii științifice în științele fizice care au produs creșterea rapidă a cunoașterii și înțelegerii noastre cu privire la originea și evoluția universului și la felul în care Pământul a devenit o planetă capabilă să susțină viața, împreună cu limitele curente ale acestei cunoașteri și înțelegeri. În restul părții a doua am făcut același lucru pentru științele vieții, în termenii apariției și evoluției vieții în general, în timp ce în partea a treia încerc să arăt rezultatele cunoașterii și înțelegerii cu privire la apariția și evoluția noastră obținute nu numai de științele fizice și de științele vieții, dar și de științele sociale.

Această creștere geometrică a cunoașterii – o realizare remarcabilă pentru gândirea științifică – a condus inevitabil la o tot mai mare specializare a gândirii științifice, demonstrată de creșterea numărului de publicații științifice, fiecare dintre ele centrată pe un anume domeniu de cercetare. Totuși, distinsul entomolog și gânditor Edward O. Wilson trage un semnal de alarmă:

> Marea majoritate a oamenilor de știință nu au fost altceva decât simpli prospectori. Acest lucru este cu atât mai adevărat în ziua de astăzi. Ei au o specializare profesională îngustă; educația nu-i orientează către contururile mai largi ale lumii. Dobândesc instruirea necesară pentru a călători până la frontieră și a face descoperiri pe cont propriu, cât mai repede cu putință, pentru că viața la limită este costisitoare și nesigură. Cei mai productivi oameni de știință, instalați în laboratoare de milioane de dolari, nu au timp să se gândească la imaginea de ansamblu și nu o consideră prea profitabilă. [...] De aceea, nu e surprinzător să întâlnești fizicieni care nu știu ce este o genă și biologi care presupun că teoria corzilor are de-a face cu viorile. În domeniul științei, bursele și distincțiile sunt acordate pentru descoperiri, nu pentru erudiție și înțelepciune.[20]

A fi un om de știință de succes înseamnă astăzi să-ți construiești o carieră în chimia coloidală sau în paleoarheologie sau în studiul cimpanzeilor sau într-un alt domeniu chiar și mai specializat. Această specializare pronunțată a dus la cunoștințe mai profunde, dar și la prăpăstii în privința competențelor între cei care le practică; uneori acestora le e greu să se implice într-un dialog de substanță cu alți specialiști, în afară de studiile interdisciplinare asupra aceluiași subiect îngust.

Puțini oameni de știință își depășesc domeniul de specialitate pentru a formula întrebări fundamentale referitoare la existența omului, precum întrebarea „ce suntem?". Iar cei puțini care își pun astfel de întrebări rareori se angajează într-o dezbatere deschisă. Prea adesea sunt incapabili să aibă o imagine mai amplă și au tendința să lanseze o salvă de puncte de vedere din perspectiva pregătirii, intereselor și disciplinei academice înguste în limitele căreia și-au petrecut viața profesională.

Specializarea accentuează de asemenea credința în reducționismul științific – analiza părților componente ale unui fenomen pentru a înțelege ce este și cum funcționează – ca unică metodă de investigație științifică. Acest instrument analitic a contribuit mult la adâncirea cunoașterii fenomenelor naturale și poate să explice satisfăcător esența și comportamentul unui sistem relativ simplu și izolabil, cum ar fi cauza pentru care un cristal de sare se dizolvă în apă. Puterea sa explicativă devine însă cu atât mai puțin eficientă cu cât fenomenul este mai complex și mai greu de izolat. După cum am spus în capitolul 13, reducționismul are limite considerabile atunci când este folosit pentru a explica și a defini viața.[i] Limitele sale sunt încă și mai evidente atunci când încearcă să explice ce sunt oamenii, așa cum am văzut din concluzia simplistă a lui Crick.

Mai mult decât atât, se pune întrebarea cât de departe poate merge reducționismul. Poate că Crick a considerat că reducerea la nivelul unei celule poate să ofere o explicație completă a conștiinței, dar de ce să ne oprim aici? Să reducem în continuare la nivelul moleculelor și apoi al atomilor, al particulelor subatomice, până ajungem la nivelul cuantic. Anumite interpretări ale teoriei cuantice necesită observarea conștientă a câmpului cuantic înainte să colapseze în materie.[ii] Dacă aceste interpretări sunt corecte, atunci conștiința nu poate rezulta din fenomene materiale precum neuronii și interacțiunile lor.

În ceea ce privește reducționismul, fizicianul David Bohm comenta:

> O schimbare centrală, relevantă în ordinea descriptivă cerută de teoria cuantică, este deci eliminarea conceptului de analiză a lumii în părți relativ autonome, existente separat, dar în interacțiune. Mai degrabă, accentul fundamental este pus acum pe plenitudinea nedivizată.[21]

Ca și Bohm, cei mai mulți dintre pionierii teoriei cuantice au adoptat o versiune a monismului diferită de fizicalism, numită idealism.

idealism Speculația sau credința că lucrurile materiale nu există independent, ci doar ca o construcție a minții sau a conștiinței.

---

[i]) Vezi paginile 244–253.

[ii]) Vezi pagina 120.

Când se aplică pentru formularea unor răspunsuri la întrebări fundamentale legate de existența omului, un astfel de monism idealist converge către intuiția mistică obișnuită. Mulți teoreticieni ai fizicii cuantice au ajuns să susțină vederi similare cu cele ale misticilor. Erwin Schrödinger, cel care a creat ecuația de undă pentru mecanica cuantică, a exprimat în ultima sa carte, *My View of the World*[22], o perspectivă metafizică ce se aseamănă foarte mult cu misticismul școlii vedantice, advaita; aceasta privește fenomenele materiale fie ca pe o iluzie, fie ca pe o manifestare a Conștiinței Cosmice care este sursa și baza realității. În termenii lui Max Planck, care a formulat revoluționara teorie cuantică a radiației,

> Întreaga materie își are originea și există doar în virtutea unei forțe [...]. Trebuie să presupunem că în spatele acestei forțe există o Minte inteligentă și conștientă. Această Minte este matricea întregii materii.[23]

În *The Tao of Physics*, publicată prima dată în 1975, Fritjof Capra, specialist în fizica energiilor înalte, a făcut o comparație sistematică între descoperirile din fizica modernă și intuițiile misticismului oriental. El a conchis că

> Cele două teme fundamentale [ale intuițiilor mistice orientale] sunt unitatea și relațiile dintre toate fenomenele și natura intrinsec dinamică a universului. Cu cât pătrundem mai adânc în lumea submicroscopică, cu atât vom observa că fizicienii moderni, ca și misticii orientali, au ajuns să vadă lumea ca pe un sistem de componente inseparabile, aflate în relație și în perpetuă mișcare, observatorul fiind parte integrantă a sistemului.[24]

Având în vedere că, în ultimii 25 de ani, ramurile fizicii tind să se îndrepte spre explicația conform căreia toate lucrurile pe care le percepem în univers sunt manifestări cu energie scăzută ale unei unice energii existente de la începuturile sale și că această explicație se potrivește cu intuițiile mistice antice, putem spune că avem de-a face cu o tendință convergentă profundă ce se opune tendinței divergente care a caracterizat timp de mai bine de 400 de ani evoluția gândirii științifice.

CAPITOLUL 30

Unicitatea omului

> Suntem doar o a treia specie de cimpanzeu.
>
> —Jared Diamond, 1991

> Acesta este un dar dintr-o lume mică, îndepărtată, o mărturie a sunetelor noastre, a științei noastre, a imaginilor noastre, a muzicii noastre, a gândurilor noastre și a sentimentelor noastre. Încercăm să supraviețuim timpului nostru ca să trăim în al vostru.
>
> —Mesajul președintelui Statelor Unite ale Americii, Jimmy Carter, inclus pe discul de aur al sondei spațiale Voyager, 1977

PERSPECTIVA ORTODOXĂ ACTUALĂ

Foarte mulți primatologi, antropologi și biologi evoluționiști neagă faptul că omul ar fi diferit de alte animale. Argumentele lor pot fi grupate în trei categorii care se intersectează.

Ego-antropocentrismul

Conform acestui argument, deși oamenii au unele caracteristici superioare celor ale altor specii, precum un creier mare și dexteritate manuală, și alte specii au propriile caracteristici superioare celor umane. Astfel, liliecii sunt superiori în ecolocație, păsările sunt superioare în navigație și așa mai departe. A privilegia o categorie de caracteristici față de alta numai pentru că aparține omului este o atitudine antropocentrică, egocentristă, neobiectivă și neștiințifică.

Această perspectivă pune accentul pe diferențele fiziologice și nu recunoaște facultățile care sunt transformate sau generate de facultatea supremă a conștiinței reflexive. Poate că oamenii nu sunt atât de buni la ecolocație, dar au inventat radarul, care îndeplinește această funcție pentru ei. Poate că oamenii nu se pricep la navigație la fel de bine ca păsările, dar au inventat GPS-ul (Sistemul de Poziționare Globală), care îi înzestrează cu o capacitate precisă de navigare. E greu să găsim o caracteristică superioară a unui animal la a cărei funcție omul să nu fi dobândit acces prin creativitate și inventivitate. Nici o altă specie nu și-a depășit caracteristicile fiziologice în asemenea măsură.

Identitatea genetică

Acest argument, articulat de Gerhard Roth, de la Institutul pentru Cercetarea Creierului de la Universitatea din Bremen, susține că oamenii împărtășesc aproximativ 99% din gene cu două specii de cimpanzei. Aceste trei specii sunt mai strâns înrudite genetic decât sunt cimpanzeii cu oricare altă specie de primate existentă astăzi. Din această cauză, ar trebui creat un nou taxon, care să cuprindă cimpanzeii, bonobo și oamenii.[1]

De fapt, cimpanzeii și oamenii nu împărtășesc 98,5% din gene, așa cum se afirmă adesea. Această diferență de 1,5% este o măsură a diferenței dintre genele echivalente; diferența reală în privința genelor complementare este mai degrabă de 6%.[i] În plus, o serie de mutații ale ADN-ului uman față de cel al strămoșului comun al cimpanzeilor și oamenilor produce, printre altele, molecule de ARN care sunt implicate în dezvoltarea creierului la fătul uman.[2]

Și mai important, acest argument care se concentrează strict pe cele două procente ale genomului uman care constau în gene producătoare de proteine ignoră mult mai extinsele secvențe reglatoare care determină când, în ce măsură și cât timp sunt active genele și, în consecință, caracteristicile observabile ale organismului. De asemenea, ignoră diferențele calitative comportamentale și de alte feluri, pe care le voi discuta în răspunsul la următorul argument.

Diferențe comportamentale care țin numai de grad, nu și de natură

Conform acestui argument, caracteristicile comportamentului uman nu sunt unice. Ele sunt prezente și la rudele noastre cele mai apropiate din punct de vedere genetic, cimpanzeii. Comportamentul uman prezintă diferențe care țin numai de grad, nu și de natură.

În sprijinul acestei afirmații sunt aduse exemple din comportamentul cimpanzeilor în sălbăticie. Primul datează din anii '60, atunci când un cimpanzeu a fost observat îndepărtând frunzele de pe o ramură pentru a scormoni cu ea într-o termitieră și a pescui termite ca să le mănânce. Acest lucru l-a determinat pe antropologul și paleontologul Louis Leakey să conchidă: „Acum trebuie fie să redefinim uneltele, fie să redefinim omul, fie să acceptăm că cimpanzeii sunt oameni."[3] Tot în legătură cu folosirea uneltelor, au mai fost observați cimpanzei care pun o nucă pe o piatră și folosesc o altă piatră ca s-o spargă, comportament descris mai degrabă antropomorfizant drept fabricare și folosire a ciocanului și nicovalei. În plus, cimpanzeii învață aceste deprinderi. De asemenea, scot sunete diferite pentru a comunica diferite lucruri, demonstrând că posedă un limbaj vocal simplu.

---

[i]) Vezi pagina 378.

Comportamentul intraspecific dominant al primatelor mari este agresivitatea. Gorilele masculi se luptă între ele pentru a avea un harem, iar masculul victorios îl ucide adesea pe cel înfrânt împreună cu puii lui. Un raid al cimpanzeilor presupune adesea pătrunderea în teritoriul altei comunități de cimpanzei, unde atacă prin surprindere, în așa fel încât să izoleze un individ adult, mascul sau femelă, pe care îl imobilizează, îl bat și îl târăsc încă mult timp după ce nu mai mișcă. În cadrul comunității de cimpanzei, schimbarea ierarhiei masculilor conduși de masculul alfa are loc prin lupte violente, în timp ce menținerea ierarhiei este realizată mai degrabă prin etalarea agresivității decât printr-o luptă reală.

Primatologii evidențiază totuși comportamente care contrastează cu această agresivitate, cum ar fi legăturile dintre mamă și pui, toaletarea reciprocă și colaborarea în cursul vânătorii. Printre exemplele de comportamente asemănătoare cu cele umane se numără traiul în societăți cu o ierarhie stabilă, în care înșelăciunea, infidelitatea și supunerea sunt frecvente. Mai mult, ei identifică la primatele mari emoții asemănătoare celor umane. Exemplul deseori menționat este comportamentul de doliu al unei gorile pe nume Gana, de la Grădina Zoologică din Münster, nordul Germaniei, care în anul 2008 a refuzat să-și abandoneze puiul mort în vârstă de trei luni, purtându-l în brațe și mângâindu-l mai mult de o săptămână.

În plus, testele cognitive pe primate tinere aflate în captivitate au evidențiat mai multe exemple de comportamente asemănătoare celor umane (primatele mai bătrâne sunt în general prea agresive pentru a fi testate). Cimpanzeii tineri îi întrec adesea pe copiii mai mici de 3 ani. Unii primatologi susțin că cimpanzeii au conștiință de sine, deoarece se pot recunoaște în oglindă. S-a spus, de asemenea, că unii pui de primate au învățat limbajul prin apăsarea unor taste cu simboluri la computer și că un cimpanzeu și o gorilă au deprins limbajul semnelor american: au învățat sute de cuvinte, le-au asociat în propoziții cu sens și au făcut noi asocieri, precum „pasăre de apă“ pentru a denumi o lebădă.

Steven Pinker, psiholog cognitivist specializat în limbaj, a criticat aceste afirmații, care nu au fost niciodată supuse unei examinări științifice, ci au fost prezentate direct jurnaliștilor interesați de știință din presă și televiziune.[4] De fapt, cimpanzeii și gorilele au fost antrenați într-un mod foarte asemănător cu cel folosit de dresori la circ. Nu au demonstrat o înțelegere mai bună a fonologiei, morfologiei sau sintaxei decât cea dovedită de cimpanzeii tineri din reclamele difuzate în Anglia, care sunt îmbrăcați în haine de oameni și beau din cești de ceai marca PG Tips.

În ciuda antrenamentului intensiv, nici un cimpanzeu (spre deosebire de mulți papagali) nu s-a dovedit în stare să imite vorbirea. Vocalizarea diferitelor emoții în sălbăticie, precum avertismentele în fața pericolului,

este diferită calitativ de conversația umană și nici un cimpanzeu neantrenat nu a scris vreun cuvânt, cu atât mai puțin un poem sau un roman.

Copiii oamenilor se nasc cu un craniu moale și flexibil care crește rapid pe la vârsta de 2-3 ani, în concordanță cu creșterea în dimensiuni a creierului și cu dezvoltarea structurii sale.[5] În consecință, nu este surprinzător că un cimpanzeu tânăr, al cărui creier este pe deplin format de la naștere, are o performanță mai bună la un anumite teste cognitive decât un copil de 2-3 ani, așa cum nu este surprinzător că cimpanzeii nu mai au performanțe superioare față de copiii în vârstă de peste 3 ani.

COMPORTAMENTELE SPECIFIC UMANE

În capitolul 24 am cartografiat apariția conștiinței de-a lungul evoluției umane, examinând cinci tipuri de comportamente: bazat pe reacții directe, înnăscut, învățat, social și inovator. Apariția conștiinței reflexive a inițiat o transformare radicală a multora dintre aceste comportamente.

Oamenii încă manifestă răspunsuri directe de autoconservare. Totuși, spre deosebire de alte animale, oamenii pot decide să și le suprime. Conform exemplului pe care l-am dat în capitolul 24, un om poate decide să-și țină mâna în foc sau chiar să-și dea foc, provocându-și moartea; autoincendierea are o tradiție de secole în unele culturi și a fost folosită și în timpurile moderne ca o formă de protest politic.

Prezența simultană a răspunsului direct și a comportamentelor înnăscute care pot fi considerate instincte joacă încă un rol important. De exemplu, marea majoritate a oamenilor vor răspunde unui atac prin ripostă sau fugă. Totuși, dacă reflecțiile tale te conduc la credința în principiul nonviolenței și dacă alegi să-l pui în practică, atunci îți poți suprima instinctul de a lupta sau de a fugi, așa cum făceau discipolii lui Gandhi, care se lăsau omorâți de trupele coloniale britanice în India înainte ca aceasta să-și dobândească independența. Un exemplu mai puțin dramatic este comportamentul bărbaților, care, majoritatea, își inhibă instinctul de a avea raporturi sexuale cu orice femeie a cărei înfățișare îi stimulează, deoarece au ales în mod rațional să respecte drepturile femeilor și/sau să se supună anumitor legi ale societății din care fac parte, în timp ce oamenii care s-au hotărât să țină o dietă își vor inhiba instinctul de a mânca atunci când simt foame.

Comportamentul învățat al oamenilor este radical diferit de cel al oricărei alte primate, deoarece procesul lor de învățare prezintă patru diferențe calitative și cantitative majore:

1. Primatele nonumane învață aproape în exclusivitate prin imitație, în timp ce oamenii învață în special prin instruire.

2. La primate, relațiile de învățare au loc, în mod normal, între pui și părinte sau rude apropiate, în timp ce la oameni părinții își învață copiii în cursul primilor cinci ani de viață, dar în următorii zece sau douăzeci de ani copiii învață de la persoane care nu le sunt rude – diverși specialiști din școli, colegii, universități, organizații etc. – care folosesc metode diferite precum cursurile, cărțile, mijloace audiovizuale și internetul.
3. Primatele învață numai deprinderi directe sau indirecte care au legătură cu supraviețuirea, precum căutarea hranei, vânătoarea, confecționarea unor unelte rudimentare pentru uz individual sau toaletarea reciprocă, în timp ce oamenii învață și o vastă varietate de lucruri care depășesc ținta imediată a supraviețuirii, precum literatura, artele, filozofia și știința.
4. Oamenii sunt capabili să se instruiască singuri folosind resurse create de om, precum bibliotecile și internetul.

În privința comportamentului social, primatele nonumane aparțin unui singur grup social, în special cel bazat pe rudenie, care are ca scopuri supraviețuirea și reproducerea. În societățile lor așa-numite de fisiune-fuziune, componența unui grup se poate schimba, dar în orice moment un individ este membru al unui singur grup. În schimb, oamenii aparțin simultan mai multor grupuri sociale, ale căror scopuri depășesc supraviețuirea și reproducerea și operează la nivel familial, local, regional, național, supranațional sau global.

Interacțiunile dintre membrii grupurilor de primate sunt senzoriale: atingere, gust, miros, văz, auz. La oameni, deși atingerea, gustul și mirosul au mare importanță în cadrul familiei, în celelalte interacțiuni sociale joacă un rol relativ redus. În plus, văzul și auzul sunt îmbunătățite prin invenții precum scrisorile, e-mailul, fotografiile, filmele, camerele web, telefoanele mobile și conferințele online, care extind gama de interacțiuni de la un nivel local până la unul global.

Astfel de invenții rezultă din al cincilea tip de comportament: comportamentul inovator.

Celor 533 de cazuri de inovație definite drept soluții noi la probleme de mediu sau sociale raportate de primatologi pentru toate primatele[i] li se pot adăuga altele oferite de cercetătorii care studiază comportamentul ciorilor și al mamiferelor marine precum delfinii și balenele. Cu toate acestea, astfel de exemple diferă de cele ale inovațiilor umane atât cantitativ, cât și calitativ.

[i]) Vezi pagina 464.

Singurul scop al inovațiilor nonumane este supraviețuirea, spre exemplu obținerea hranei în cazul cimpanzeilor, care rup frunzele de pe o ramură pentru a o transforma într-un obiect cu care să pescuiască termite sau folosesc o piatră pentru a sparge nuci.

Mai mult, exemplele date de primatologi cu privire la asemănarea genetică și comportamentală dintre oameni și primate, precum confecționarea de unelte, ilustrează una dintre consecințele specializării științifice, despre care am vorbit în capitolul 29, și anume hiperspecializarea, care face dificilă o privire de ansamblu. În acest caz, ei nu recunosc că unele comportamente ale primatelor se întâlnesc la multe alte specii foarte diferite din punct de vedere genetic. În Noua Caledonie a fost observat la ciori comportamentul de a despica și a prelucra rămurele în așa fel încât să formeze cârlige cu care să scoată larve de insecte din crăpăturile scoarței copacilor. Cercetătorii care studiază această specie susțin că uneltele ciorilor sunt mai sofisticate decât cele ale cimpanzeilor. În Florida, cercetătorii au observat la gaițe, o altă specie de corvide, că-și fac depozite de hrană perisabilă și neperisabilă în ascunzători distribuite pe o suprafață mare și își aduc aminte unde se află și ce conține fiecare dintre aceste ascunzători. Unele gaițe urmăresc și apoi jefuiesc ascunzătorile altora, dar au grijă să-și camufleze bine propriile ascunzători.[6]

Se pare că obiceiul cimpanzeilor de a sparge coaja fructelor cu piatra datează de cel puțin 4.300 de ani.[7] Destul de probabil că tot de pe atunci foloseau și crenguțe curățate pentru a pescui termite, însă nu s-au păstrat dovezi din acele vremuri. Cimpanzeii nu au avansat de atunci în folosirea pietrei, nici până la nivelul paleoliticului inferior, când homininii răzuiau pietre pentru a obține așchii tăioase. Au inventat foarte puține unelte. Fiecare este destinată folosirii de către un singur individ, pentru supraviețuire.

În capitolul 29 se pot vedea, în schimb, multitudinea, complexitatea și mărimea uneltelor inventate de oameni, dintre care cele mai multe au alte scopuri decât supraviețuirea. După părerea mea, afirmația că activitatea cimpanzeului care sparge singur nuci cu o piatră se situează pe același plan cu cooperarea unei echipe internaționale de cercetători care inventează și construiesc Marele Accelerator de Hadroni pentru a descoperi cum interacționează particulele fundamentale este extrem de problematică.

În mod paradoxal, cam pe vremea când se afirma că uneltele cimpanzeilor și cele ale oamenilor prezintă doar diferențe de grad, oamenii au inventat două unelte numite Voyager 1 și Voyager 2, sonde spațiale operate de la distanță și menite să exploreze planetele îndepărtate și care, în septembrie 2013, după mai mult de 35 de ani, au părăsit sistemul nostru solar. Fiecare dintre ele conține un disc audio-video placat cu aur care include un mesaj al președintelui Statelor Unite, Jimmy Carter, reprodus ca motto al acestui capitol.

Capacitatea de a recunoaște propria imagine în oglindă este ceva cu totul diferit de conștiința care reflectă asupra ei înseși și asupra locului pe care-l ocupă în univers.

Nici un animal nonuman nu are comportamente care să nu vizeze dobândirea hranei și adăpostului, evitarea prădătorilor, găsirea unui partener și creșterea progeniturilor sau întărirea colaborării din cadrul grupului pentru a-și crește propriile șanse de supraviețuire și reproducere.

Oamenii, în schimb, au o gamă variată de comportamente fără nici o legătură cu supraviețuirea și reproducerea. Ei își pun întrebări cu privire la ei înșiși ca entități fizice și gânditoare, la mediul înconjurător, la univers și la propriul comportament. Nici un animal nonuman nu posedă această capacitate a gândirii autoreflexive și abilitatea de a acționa împotriva comportamentului său determinat genetic sau cultural.

Toate dovezile valide prezentate pentru a susține aceste trei argumente defectuoase sunt în concordanță cu teoria pe care am prezentat-o pe larg în părțile a doua și a treia ale acestei cărți. În corelație cu sporirea complexității biologice și a centralizării, conștiința apare și se intensifică de-a lungul diferitelor linii evolutive până la atingerea stazei sau, în cazul unor specii, până la manifestarea unei schimbări de fază atunci când conștiința devine conștientă de sine. Pentru a folosi o analogie, această intensificare seamănă cu o sursă de căldură care determină creșterea temperaturii apei dintr-un vas. În vasele reprezentând liniile evolutive ale gibonilor, gorilelor și cimpanzeilor, să zicem, această căldură corelată cu complexitatea neuronală și cu centralizarea nu este suficientă pentru a crește temperatura apei dincolo de 85°, 90° sau 95° Celsius, aceasta reprezentând nivelul lor de cogniție și comportament. În vasul reprezentând linia evolutivă umană, intensitatea căldurii crește temperatura până la punctul de fierbere, moment în care lichidul începe să treacă printr-o schimbare de fază, transformându-se tot mai rapid în gaz.

Cu toate că oamenii au fost modelați de zestrea lor genetică și de mediul lor cultural, faptul că posedă conștiință reflexivă le-a conferit capacitatea de a le depăși pe amândouă.

CAPITOLUL 31

Concluzii și reflecții cu privire la apariția și evoluția omului

> Astăzi, rețeaua de relații care leagă specia umană de ea însăși și de restul biosferei este atât de complexă, încât toate aspectele se influențează între ele în cea mai mare măsură. Cineva ar trebui să studieze întregul sistem, oricât de rudimentară s-ar dovedi, deoarece simpla coroborare a studiilor parțiale asupra unui sistem complex nonliniar nu poate oferi o bună imagine despre comportamentul întregului. — Murray Gell-Mann, 1994

> Explorarea spațiului și caracterul planetar al complexității economice, ecologice și cibernetice construiesc fundamentul unei conștiințe inevitabil globale. — Richard Falk, 1985

> La omul științific modern, evoluția a ajuns, în sfârșit, conștientă de sine. — Julian Huxley, 1959

CONCLUZII

Constatările din partea a treia ne conduc spre următoarele concluzii. Dovezile și analiza pe care se bazează fiecare concluzie se regăsesc în capitolul specificat între paranteze.

1. Caracteristicile anatomice şi genetice ale omului prezintă numai diferențe de grad față de cele ale altor primate. Ceea ce îl deosebește pe *Homo sapiens* de toate celelalte specii cunoscute este conştiința reflexivă. Omul adult modern nu numai că știe, dar știe și că știe. (Capitolele 26 și 27)
2. În ciuda afirmațiilor celor mai mulți primatologi, antropologi și biologi evoluționiști, apariția oamenilor, singurii care posedă capacitatea conștiinței reflexive, a marcat o schimbare de natură, nu doar de grad, în evoluția vieții, tot așa cum apariția vieții a marcat o schimbare de natură față de evoluția materiei neînsufleţite. (Capitolul 30)
3. În termeni generali, apariția omului poate fi reconstituită de la momentul apariției conștiinței la strămoșii primate până la momentul în care conştiința a devenit conştientă de sine. Totuşi, în lipsa dovezilor, nu putem reconstitui linia evolutivă până la un anumit strămoş preuman. (Capitolul 26)

4. Primele licăriri ale conștiinței reflexive sunt vizibile în consecințele sale, precum uneltele specializate compuse, simbolurile, ornamentele, picturile, sculpturile, instrumentele muzicale, înmormântările și incinerările rituale și traversările maritime. Aceste vestigii au fost găsite în diferite locuri de pe planetă. Deși datarea lor este adesea incertă, majoritatea provin din epoca târzie a pietrei în Africa și din paleoliticul superior pe alte continente, de acum 40.000 până la 10.000 de ani, cu toate că există dovezi incomplete sau discutabile care sugerează că e posibil ca apariția conștiinței reflexive să se fi produs chiar mai devreme. (Capitolul 26)
5. Ca și în cazul apariției materiei și apariției vieții, din cauza numărului mic de dovezi este aproape sigur că știința nu va fi niciodată capabilă să identifice când și cum au apărut oamenii. Cel mai probabil, aceasta s-a întâmplat atunci când mediul fluctuant indus de variațiile climatice a dus la înțelegerea faptului că instinctul de supraviețuire împotriva prădătorilor și asigurarea subzistenței pot fi satisfăcute mai curând prin cooperare decât prin competiție. Se poate ca hibridizarea sau duplicarea întregului genom să fi jucat un rol în această schimbare evolutivă. (Capitolul 26)
6. În ansamblu, pare că avem de-a face cu un caz de apariție a sistemelor în care interacțiunile unor facultăți de complexitate scăzută – precum înțelegerea, învățarea și comunicarea – generează o nouă facultate, de complexitate crescută – în acest caz conștiința reflexivă –, iar abilitatea de complexitate crescută interacționează cu cele de complexitate scăzută, transformându-le sau generând noi abilități – precum imaginația, credința, limbajul, abstractizarea și moralitatea. (Capitolul 26)
7. La fel ca în cazul celorlalte procese emergente majore, granița care separă oamenii de strămoșii preumani nu e bine delimitată, dar cu siguranță există. Dincolo de ea, a început un proces de schimbare ireversibil: evoluția conștiinței reflexive. (Capitolul 26)
8. Această evoluție poate fi împărțită în trei etape care se intersectează: gândirea primitivă, gândirea filozofică și gândirea științifică. (Capitolul 27)
9. În marea majoritate a timpului scurs din momentul în care au apărut din hominini, oamenii au dus o existență de vânători-culegători, în grupuri mici de familii extinse, în care competiția pentru supraviețuire cu alte grupuri și cu prădătorii a dus la o rată crescută a mortalității. (Capitolul 27)
10. Gândirea primitivă a evoluat lent până acum aproximativ 10.000 de ani, când oamenii au inventat agricultura ca un mod mai eficient de

a-şi procura hrana şi au înţeles beneficiile cooperării, întemeind comunităţi agricole mai mari. Această dezvoltare s-a petrecut în momente diferite în funcţie de loc, iar în unele locuri nu s-a petrecut niciodată. (Capitolul 27)

11. Având mai multe ocazii să reflecteze şi să transmită ideile prin desen, vorbire şi scris, oamenii din aceste comunităţi agricole au cooperat pentru inventarea unor tehnologii care le-au îmbunătăţit şi le-au extins teritoriul agricol sau cu alte aşezări pentru a face schimburi de bunuri şi idei, fapt care a dus la creşterea în dimensiuni şi complexitate a comunităţilor lor. (Capitolul 27)
12. Deşi începuse să se dezvolte, cooperarea a avut de înfruntat instinctul competiţiei, adânc înrădăcinat în istoria de milioane de ani a strămoşilor preumani. Astfel, luptele pentru controlul acestor aşezări şi al resurselor agricole şi de alte feluri, atât din interiorul, cât şi din afara lor au dus la apariţia şi decăderea dinastiilor şi imperiilor. (Capitolul 27)
13. Pe măsură ce s-au extins, aceste aşezări şi-au dezvoltat o ierarhie socială care reflecta diferitele abilităţi transmise de la părinţi la copii; de obicei, această ierarhie cuprindea conducătorul, preoţii, războinicii, negustorii şi meşteşugarii, agricultorii şi sclavii. Tiparul general de pe întreg globul a fost creşterea în dimensiuni, complexitate şi centralizare a societăţilor umane. (Capitolul 27)
14. Evoluţia gândirii primitive a fost strâns legată de evoluţia credinţelor care au izvorât din imaginaţie, din lipsa înţelegerii fenomenelor naturale sau din teama de necunoscut, adică din superstiţie. Din animism, totemism şi cultul strămoşilor, specifice vânătorilor-culegători, s-au dezvoltat religiile, care au reflectat creşterea în dimensiuni, complexitate şi specializare a societăţilor umane; s-a trecut de la cultul unei zeiţe a fertilităţii la politeism şi apoi la un panteon condus de un zeu atotputernic, al cerului şi al războiului, şi, în cele din urmă, la un monoteism patriarhal în care zeii sunt subsumaţi unui singur Dumnezeu sau degradaţi la rangul de îngeri. (Capitolul 27)
15. Folosind conştiinţa reflexivă în scopul inventării de tehnologii pentru asigurarea supravieţuirii şi reproducerii şi pentru influenţarea forţelor supranaturale despre care se credea că determină aceşti factori, gândirea primitivă a produs primele manifestări ale artei, limbajului vorbit şi scris, matematicii şi astronomiei. (Capitolul 27)
16. Încercările de a găsi răspuns la întrebările fundamentale „cine suntem?“ şi „de unde am apărut?“ au cunoscut o nouă etapă în urmă cu aproximativ 3000 de ani, în diferite locuri de pe glob, atunci când gândirea filozofică s-a desprins de superstiţiile gândirii primitive. A fost caracterizată de dorinţa de a găsi explicaţii care să nu invoce spirite

imaginare, zei antropomorfizați sau un zeu unic, în care oamenii au crezut timp de peste 20.000 de ani. (Capitolul 28)

17. Gândirea filozofică a apărut, cel mai probabil, pe subcontinentul indian, celelalte centre principale fiind China și colonia grecească Ionia. Filozofii au folosit intuiția, rezultată adesea dintr-o meditație disciplinată, și raționamentul, bazat pe supoziții prealabile sau pe interpretarea dovezilor. (Capitolul 28)
18. La fel ca în cazul celorlalte procese de emergență, primele semne ale gândirii filozofice sunt greu de deosebit de rădăcinile lor, superstițiile primitive inoculate de religii. Pe măsură ce s-au dezvoltat și s-au răspândit, evoluția lor prezintă un tipar asemănător cu cel al evoluției filetice din biologie, ca răspuns la diversele tipuri de mediu. Unii muguri ai gândirii filozofice nu s-au dezvoltat mai departe; alții s-au dezvoltat și apoi au dispărut; alții au fost asimilați și apoi modificați de alte școli de gândire; unii au interacționat cu credințele locale și s-au transformat în religii; unii au fost asimilați sau distruși de religii sau de conducători; unii s-au pierdut și au fost redescoperiți mult mai târziu; alții au avut susținerea conducătorilor și au înflorit; cei care au supraviețuit continuă să evolueze. (Capitolul 28)
19. Intuițiile înțelepților, fie ei indieni, chinezi, greci sau romani împărtășesc câteva teme comune, în special unitatea fundamentală a tuturor lucrurilor. În cele mai multe cazuri această unitate fundamentală sau realitate fundamentală a fost percepută drept ceva inefabil, descris cel mai bine ca o conștiință sau o inteligență cosmică transcendentă care există, lipsită de formă, în afara spațiului și timpului, dar este totodată imanentă, prin faptul că dă naștere tuturor fenomenelor percepute de cele cinci simțuri fizice ale noastre și de minte; apărând din această unitate fundamentală, esența fiecăruia dintre noi este identică cu întregul. Mai mult, această realitate fundamentală este prezentă în cosmos sau reglează funcționarea lui, iar pentru a dobândi împlinirea trebuie să ne armonizăm viața cu ea. (Capitolul 28)
20. Cu toate că intuiția are un caracter ireductibil, ea se poate ramifica în funcție de obiectul investigației. Ramificarea ține mai ales de școlile înființate pentru a interpreta, a practica și a transmite mai departe intuițiile înțelepților. (Capitolul 28)
21. Raționamentul a fost folosit în predarea intuițiilor și ca metodă de investigare. Și el poate fi divizat în ramuri în funcție de obiectul investigației, iar acestea se ramifică la rândul lor în școli de raționare care s-au răspândit, au interacționat și s-au multiplicat ca răspuns la noua gândire. (Capitolul 28)

22. Atunci când gândirea a avut în centru etica – cum ar trebui să ne comportăm –, toți filozofii antici, fie că foloseau intuiția sau raționamentul, au ajuns la concluzia că fericirea sau liniștea se obțin printr-un comportament lipsit de egoism, conform principiului „să nu faci altora ceea ce nu dorești să ți se facă ție". Această gândire contravenea tendinței dominante în societățile vremii către agresivitate, război și cucerire. Îndemnul lor de bază era cooperarea în detrimentul competiției pentru obținerea progresului umanității. (Capitolul 28)
23. O ramificație fundamentală între intuiție și raționament a apărut târziu, la sfârșitul secolului al XII-lea, când Occidentul a adoptat raționamentul ca unică metodă de gândire filozofică, deși dovezile nu susțin superioritatea uneia sau alteia dintre aceste metode. (Capitolul 28)
24. A treia etapă a evoluției umane, gândirea științifică, se caracterizează prin încercarea de a explica fenomenele naturale folosind observația sau experimentul sistematice, de preferință măsurabile, și aplicând raționamentul cunoștințelor astfel obținute pentru a formula legi verificabile și a face predicții sau retrodicții. (Capitolul 29)
25. Această gândire a fost la început folosită în trei domenii: științele fizice, care studiază fenomenele lipsite de viață, științele vieții, care studiază organismele vii, și științele medicale, aplicate pentru menținerea sănătății și tratarea bolilor și rănilor. (Capitolul 29)
26. Științele medicale își au rădăcinile în practicile de vindecare din Antichitate, care erau împletite cu superstițiile și au apărut ca o parte a științei moderne în secolul al XVII-lea, ca și științele vieții. Cea mai veche știință fizică, astronomia, datează din timpuri preistorice, când s-a dezvoltat pentru a servi credințelor superstițioase, înainte de a se desprinde ca o știință modernă, în secolul al XVI-lea. Fizica, știința fizică fundamentală, a apărut din filozofia naturală în secolele al XVI-lea și al XVII-lea. În această perioadă, numită de obicei revoluție științifică, multe dintre ideile antice legate de medicină, astronomie și filozofia naturală au fost abandonate și înlocuite cu teorii noi, empirice. Totuși, majoritatea celor care le practicau au păstrat credințele superstițioase. (Capitolul 29)
27. În secolul al XIX-lea studiul comportamentului uman și al relațiilor sociale a condus la desprinderea ramurii științelor sociale din științele vieții. (Capitolul 29)
28. Odată ce a apărut, gândirea științifică a evoluat tot mai rapid, mai ales ca rezultat a cinci factori sinergici. (Capitolul 29)
    28.1. instrumentele de calcul, care s-au dezvoltat de la mașinile de calcul mecanic până la PC-uri și supercomputere;

28.2. diseminarea cunoașterii, care stimulează apariția unor noi teorii, s-a dezvoltat de la tiparnițele operate manual, cu matriță metalică, la internet, urmat de World Wide Web, care permite nu numai comunicarea practic instantanee a noilor cunoștințe, dar și globalizarea cunoașterii;
28.3. dezvoltarea unor noi tehnologii destinate numai investigațiilor științifice, în paralel cu folosirea tehnologiilor concepute pentru alte scopuri;
28.4. cooperarea dintre oamenii de știință, în societăți științifice destinate împărtășirii cunoașterii și gândirii și în echipe de cercetare științifică specializată, care s-au dezvoltat de la nivel local la nivel național și mai apoi la nivel internațional;
28.5. lărgirea accesului la educație, care a dus la creșterea numărului de cercetători.

29. Acești factori au avut drept rezultat (Capitolul 29):
29.1. inventarea de tehnologii pentru investigarea materiei și energiei neobservabile, care a condus la o a doua revoluție științifică în fizică odată cu dezvoltarea teoriei cuantice și teoriei relativității;
29.2. o creștere geometrică a cunoașterii empirice care a produs ramificări ale gândirii științifice în ramuri și subramuri tot mai specializate, cu domenii de investigație din ce în ce mai înguste;
29.3. o adâncire a cunoașterii în aceste domenii înguste, ceea ce a dus la o prăpastie de comunicare între cercetătorii hiperspecializați, cărora le este dificil să se mai angajeze într-un dialog de substanță cu alți specialiști; fac excepție situațiile în care aceste domenii hiperspecializate se intersectează prin studii transdisciplinare, centrate pe același subiect îngust;
29.4. un număr mic de specialiști capabili să-și depășească specializarea pentru a formula întrebări fundamentale privind existența umană, precum întrebarea „ce suntem?“;
29.5. creditarea reducționismului științific drept unică metodă de investigație științifică, în ciuda limitărilor acestei unelte analitice puternice atunci când e aplicată unor fenomene complexe care intră în interacțiune, precum viața sau umanitatea;
29.6. încrederea multor cercetători în fizicalism, care susține că numai materia fizică este reală și că alte lucruri, precum mintea sau conștiința, vor fi până la urmă explicate ca fenomene fizice sau ca interacțiuni între astfel de fenomene.

30. Oamenii de știință din două subramuri ale psihologiei, care investighează procesele mentale și comportamentul individual și de grup, susțin că pot răspunde la întrebarea „ce suntem?“. (Capitolul 29)

30.1. Specialiștii în neuropsihologie care cred în fizicalism susțin că nu suntem altceva decât comportamentul unui vast ansamblu de celule nervoase și de molecule asociate acestora. Chiar dacă am admite că mintea este generată de celulele noastre nervoase și de interacțiunile dintre ele, mintea nu este același lucru cu creierul. Mai mult, până când specialiștii în neuropsihologie nu vor furniza observații și experimente independente și verificabile care să explice ce înseamnă experiența subiectivă a fenomenelor, precum conștiința de sine, sentimentul de mândrie, trăirile stârnite de muzică sau de vederea unei culori, astfel de afirmații rămân mai curând în domeniul speculațiilor filozofice decât în cel al științei.

30.2. Psihologii evoluționiști susțin că ceea ce suntem, adică ceea ce gândim, ceea ce simțim și cum ne comportăm, se explică prin acumularea, de-a lungul a mii de generații, a unor mutații genetice aleatorii, răspunzătoare de mecanismele psihologice selectate în mod natural pentru a oferi un avantaj adaptativ în competiția pentru supraviețuire a strămoșilor noștri din epoca de piatră. Dovezile lor constau în modele matematice simpliste centrate pe gene și pe teoria jocurilor din sociobiologie, care nu au legătură cu realitatea, ci sunt create în așa fel încât pot produce orice rezultat dorit, nu au nici o valoare predictivă și sunt contrazise de existența unor credințe culturale și a unor comportamente incompatibile cu explicația neodarwinistă a naturii umane ca rezultat al mașinăriei genetice.

30.3. Pentru a pune în acord aceste dovezi cu teoria lor, unii psihologi evoluționiști propun ipoteza mediului de adaptare evolutivă; nu există însă nici o dovadă care să susțină această încercare speculativă de a explica deficiențele determinismului genetic;

30.4. Alții merg și mai departe propunând ipoteza coevoluției genă–cultură. Cu toate acestea, în ciuda afirmațiilor neodarwinismului, complexitatea funcționării genelor, a reglării lor și a interacțiunii lor cu mediul pe parcursul evoluției biologice sunt prea puțin înțelese în prezent, și sunt și mai puțin înțelese în încercarea de a explica gândirea, sentimentele și comportamentele.

31. În pofida unui tipar predominant divergent, de ramificare a gândirii științifice, care își are începuturile la sfârșitul secolului al XVI-lea, apare o tendință convergentă în știința fundamentală a fizicii, tot mai accelerată de la începutul secolului XX, momentul celei de-a doua revoluții științifice. Aceasta a izvorât din intuiția că diverse

fenomene fizice aparent diferite pot avea o cauză comună. Principalul resort al fizicii teoretice din ultimii 25 de ani a fost efortul de a demonstra că toate fenomenele fizice din univers sunt manifestări cu energie scăzută ale unei energii fundamentale prezente la începutul universului. (Capitolul 29)

32. Mulți pionieri ai celei de-a doua revoluții științifice au respins reducționismul ca metodă de a explica fenomenele fizice din univers, argumentând că în centru ar trebui să se afle plenitudinea indivizibilă. (Capitolul 29)
33. Unele interpretări ale teoriei cuantice cer observarea câmpului cuantic înainte ca acesta să colapseze în materie, iar astfel de interpretări intră în conflict cu fizicalismul. Unii teoreticieni ai fizicii cuantice au adoptat idealismul, conjectura conform căreia lucrurile materiale nu există independent, ci doar ca o construcție a minții sau a conștiinței. Unii au exprimat o perspectivă metafizică asemănătoare cu intuiția mistică a unității fundamentale a tuturor lucrurilor ca o Conștiință Cosmică transcendentă care generează și guvernează toate fenomenele percepute de cele cinci simțuri și de minte. (Capitolul 29)
34. Având în vedere că în ultimii 25 de ani ramurile fizicii tind să adopte perspectiva conform căreia toate lucrurile pe care le percepem în univers sunt manifestări cu energie scăzută ale unei unice energii prezente la începuturile sale și că această explicație se potrivește cu intuițiile mistice antice, putem spune că avem de-a face cu o tendință convergentă profundă ce se opune tendinței divergente care a caracterizat timp de mai bine de 400 de ani evoluția gândirii științifice. (Capitolul 29)
35. Cu toate că oamenii au fost modelați de zestrea lor genetică și de mediul lor cultural, faptul că posedă conștiință reflexivă le-a conferit capacitatea de a le depăși pe amândouă. (Capitolul 30)

REFLECȚII

Dacă privim retrospectiv fenomenul evoluției omului din momentul în care conștiința reflexivă a marcat încheierea procesului apariției sale, în urmă cu 40.000 până la 10.000 de ani, ies în evidență câteva tipare generale, unele cu o vechime considerabilă, iar altele mai recente.

Reducerea agresivității

Într-un secol care a început cu atacul comis de Al-Qaeda asupra turnurilor gemene din New York, soldat cu moartea a 2.750 de civili, cu invazia SUA în

Irak și intervenția militară în Afganistan și cu războaiele civile din Congo, Liberia, Sudan, Darfur, Libia și Siria, urmând unui secol în care au avut loc două războaie mondiale și atacul cu arme nucleare, pare contraintuitiv, dacă nu chiar pervers, să spui că evoluția umană a fost caracterizată de o reducere a agresivității.

Impresia unei agresivități crescute are la bază trei factori principali. În primul rând, percepția a ceea ce înseamnă agresivitatea s-a schimbat. În societățile avansate științific, cei mai mulți oameni nu mai consideră că e acceptabil, și cu atât mai puțin onorabil, să porți războaie împotriva necredincioșilor cu justificarea că aceasta este voia Domnului sau să pedepsești o nedreptate conform preceptului biblic sau coranic „ochi pentru ochi", să rezolvi dispute prin duel, să omori o femeie din familia ta sub acuzația de imoralitate, pentru a restabili onoarea familiei, să torturezi până la moarte sau să execuți pe cineva pentru furt.

Totuși, între secolele al XI-lea și al XIII-lea, regii și nobilii din Europa de Vest, la porunca papilor care promiteau că cei uciși vor ajunge imediat în rai, au purtat războaie sfinte împotriva musulmanilor, măcelărind, în cursul acestor războaie, evrei și alți oameni. Pentru cei oripilați de pedepsele publice practicate în prezent în țările mai puțin dezvoltate, constând în biciuiri, tăierea unei mâini sau decapitări, pentru o sumedenie de infracțiuni, de la furt la adulter, trebuie să reamintim că până nu demult astfel de practici erau comune în propriile noastre societăți. Turnul Londrei deține un muzeu al instrumentelor de tortură, practică ce nu a fost abolită în Anglia până la mijlocul secolului al XVII-lea. Pe 13 octombrie 1666, Samuel Pepys consemnează în jurnalul său că l-a văzut pe generalul Harrison spânzurat în public, sfâșiat și ciopârțit, spre încântarea mulțimii.[1] La începutul secolului al XIX-lea, în Anglia, mai mult de 200 de delicte variind de la braconaj la furt și crimă au fost pedepsite cu moartea. Execuțiile publice în Anglia au încetat abia în 1868, iar ultima execuție a avut loc în 1964. În Franța, decapitarea publică a continuat până în 1939, iar pedeapsa cu moartea a fost abolită abia în 1981. În 2014, pedeapsa cu moartea pentru crimă era considerată o pedeapsă legală de guvernul federal și de 32 de state ale Americii.[2]

Al doilea factor este importanța acordată numărului de victime ale agresiunilor, în paralel cu ignorarea creșterii geometrice a populațiilor. Este mult mai rațional să măsori agresivitatea în raport cu dimensiunea populației considerate.

Al treilea factor: până la inventarea mijloacelor globale de comunicare, cei mai mulți oameni pur și simplu nu știau ce se întâmplă în alte țări. Acum suntem inundați de transmisiuni TV prin satelit douăzeci și patru de ore din douăzeci și patru sau de filme încărcate pe YouTube care arată lupte, violuri și alte violențe din întreaga lume.

Şi totuşi, există dovezi clare care demonstrează reducerea agresivităţii. În capitolul 27, am rezumat studiile care indică o rată crescută a mortalităţii în epoca vânătorilor-culegători caracterizaţi de gândirea primitivă, cauzată de înfruntările dintre grupuri, infanticid şi gerontocid. În cartea sa din 2011 *The Better Angels of Our Nature*, psihologul Steven Pinker, de la Harvard, examinează dovezile rezultate din investigaţiile medicale, arheologice, etnografice, istorice şi statistice. Majoritatea existenţei umane s-a petrecut în societăţi de vânători-culegători şi vânători-horticultori. Studiile privind 27 de grupuri de acest fel au arătat o variaţie a ratei anuale a deceselor rezultate în urma luptelor. Ratele cele mai crescute datează din vremuri mai vechi, iar cele mai scăzute se înregistrează la triburile care trăiesc izolat, în medii puţin ospitaliere, precum deşerturile pârjolite sau terenurile aride şi îngheţate, unde nu se află în competiţie cu alte triburi sau unde au fost pacificate de naţiunile dezvoltate industrial sau de imperii. Conform acestor studii, rata medie a deceselor cauzate de război este de 524 la 100.000.

Prin comparaţie, luând în calcul decesele care au avut drept cauză violenţa organizată – războaie, genocide, epurări şi foamete provocată de om – în secolul XX în întreaga lume, rata anuală a deceselor a fost în jur de 60 la 100.000. Pentru anul 2005, când forţele armate ale SUA au fost implicate în conflictele din Irak şi Afganistan, numărul deceselor militare la suta de mii de militari în SUA sau în întreaga lume au fost prea mici pentru a putea figura în graficul lui Pinker.[3]

Motive pentru reducerea agresivităţii

După părerea mea, principala cauză pentru reducerea agresivităţii este evoluţia gândirii umane aşa cum am prezentat-o în partea a treia a acestei cărţi. În etapa gândirii filozofice, acele persoane din diferite culturi care au reflectat asupra comportamentului uman, fie prin intuiţie, fie prin raţionament, pledau pentru regula de aur care spune „să nu faci altora ceea ce nu doreşti să ţi se facă ţie". După cum am văzut, a existat o puternică rezistenţă la această idee care se opunea instinctului înnăscut pentru competiţie. Totuşi, a început un lung proces de modificare a înţelegerii relaţiilor dintre oameni, care a fost codificat în legile societăţilor şi în pactele dintre societăţi.

Primul Război Mondial a fost ultimul mare conflict în care lupta era considerată nobilă de majoritatea oamenilor din ţările dezvoltate din punct de vedere ştiinţific şi tehnologic. Răspândirea informaţiei, graţie progresului ştiinţific şi tehnologic, a contribuit la modificarea conştiinţei populare. La mijlocul secolului XX existau deja nu doar ziarele cu largă răspândire, ci şi transmisiunile radio şi jurnalele de ştiri difuzate la cinematograf, în care oamenii vedeau ororile războiului, inclusiv distrugerea cu arme atomice a celor două oraşe japoneze. Toate acestea au avut o consecinţă pe care nu o

anticipaseră nici guvernele, nici forțele lor armate care au lansat bombele: oamenii au înțeles tot mai mult că luptele dintre națiuni și imperii concurente sunt contraproductive.

Cei care au luat inițiativa au fost gânditorii de frunte ai vremii. Filozoful Bertrand Russell și Albert Einstein au contactat oameni de știință renumiți, inclusiv pe Joseph Rotblat, care fusese recrutat de guvernul american să ajute la construirea bombei atomice. În 1955, ei au publicat la Londra așa-numitul Manifest Russell–Einstein. Vorbind „nu ca membri ai unei națiuni, ai unui continent sau ai unei credințe, ci ca ființe umane, ca membri ai speciei *Homo*...", ei au formulat următoarea întrebare directă: „Vom duce la pieire specia umană, sau omenirea va renunța la război?"[4]

Acest manifest a avut ca urmare seria de conferințe Pugwash, care au reunit intelectuali influenți și figuri publice preocupate de reducerea pericolelor conflictului armat și de cooperarea în vederea găsirii unor soluții pentru problemele globale. În 1995, Conferințele Pugwash și Joseph Rotblat, cofondator, au primit Premiul Nobel pentru Pace.

De asemenea, manifestul a determinat apariția unor mișcări pentru pace în întreaga lume, dar apelurile lor la dezarmare au întâmpinat rezistență din partea guvernelor și a intereselor egoiste ale complexelor lor militar-industriale, așa cum a avertizat Dwight Eisenhower, fost general și președinte al SUA, în 1961, în cuvântul său de rămas-bun. După ce a subliniat că SUA au cheltuit mai mult pentru securitatea militară decât venitul net al tuturor corporațiilor americane, a spus explicit:

> Trebuie să ne ferim să dobândim influență nejustificată, cu intenție sau nu, prin intermediul complexului militar-industrial. Potențialul pentru o creștere dezastruoasă a puterii acolo unde nu-i este locul există și va persista.[5]

Din a doua jumătate a secolului XX s-au făcut pași șovăitori pentru abandonarea competiției dintre imperii și pentru cooperarea societăților umane la nivel supranațional și global. În 1945, învingătorii din al Doilea Război Mondial au cooptat cinzeci și una de țări pentru a forma Organizația Națiunilor Unite, cu obiectivele de a menține pacea și securitatea internațională și de a promova cooperarea internațională în abordarea problemelor globale ce afectează întreaga omenire. Atingerea acestor scopuri a fost totuși împiedicată de Războiul Rece dintre SUA și Uniunea Sovietică. Totuși, ONU a făcut progrese la scară globală în privința țelurilor economice, culturale și umanitare, prin agenții precum OMS (Organizația Mondială a Sănătății), UNESCO (Organizația Națiunilor Unite pentru Educație, Știință și Cultură) și UNICEF (Fondul Internațional pentru Urgențe ale Copiilor al Națiunilor

Unite). În mod paradoxal, imperiul sovietic s-a dezmembrat nu prin forța armelor, ci din cauza costurilor tot mai ridicate ale acestora, care au distrus economia sovietică, și a dorinței popoarelor subjugate de a se elibera de opresiunea sovietică.

Europa, continentul unde a început revoluția științifică, a preluat conducerea în încurajarea cooperării dintre statele naționale, în detrimentul competiției. În 1951, Franța, Germania, Italia, Belgia, Olanda și Luxemburgul au alcătuit Comunitatea Europeană a Cărbunelui și Oțelului (ECSC), având ca scop o industrie integrată a cărbunelui și oțelului, astfel încât acestea să nu mai poată fi folosite vreodată de statele membre pentru a se război între ele. ECSC a evoluat în actuala Uniune Europeană, formată din 28 de națiuni, dintre care 17 au o monedă comună. Pierderea parțială a suveranității naționale în schimbul păcii și beneficiilor sociale și economice s-a dovedit discutabilă, așa cum au arătat măsurile bugetare ale UE în anii 2012 și 2013 și creșterea susținerii pentru partidele ultranaționaliste la alegerile din 2014 pentru Parlamentul European. Dar evoluția noetică, la fel ca evoluția biologică, nu este un proces lipsit de obstacole. Totuși, e sigur că nici unul dintre statele membre nu ar putea să declare război altuia, fapt recunoscut prin Premiul Nobel pentru Pace acordat Uniunii Europene în anul 2012, „pentru contribuția de peste șase decenii la stabilirea păcii și reconcilierii, a democrației și a drepturilor omului în Europa".[6]

Reducerea globală a agresivității dintre societăți a fost dublată de o reducere atât a agresiunii dintre indivizi, cât și a agresiunii dintre societate și indivizi, fie ei membri ai respectivei societăți sau ai alteia. Acceptarea la scară largă a acestei tendințe a fost marcată de Declarația Universală a Drepturilor Omului, adoptată în 1948 de Adunarea Generală a Organizației Națiunilor Unite, votată cu 48 de voturi pentru, nici un vot împotrivă și 8 abțineri, ale blocului sovietic, Africii de Sud și Arabiei Saudite. Primul articol declară:

> Toate ființele umane se nasc libere și egale în demnitate și drepturi. Ele sunt înzestrate cu rațiune și conștiință și ar trebui să acționeze unele față de altele în spiritul fraternității.

Alte articole denunță sclavia, tortura și cruzimea, tratamentul inuman sau degradant sau pedeapsa. Tot un semn al dezvoltării gândirii umane este și faptul că majoritatea oamenilor din societățile avansate din punct de vedere științific sunt consternați când au loc astfel de acte, înfăptuite în special de guvernele unor state sau de agenții ale acestora, de exemplu tortura practicată de militarii americani în închisoarea Abu Ghraib din Irak în anii 2003 și 2004 sau violarea protestatarilor politici de către anchetatorii și găr-

zile iraniene revoluționare în mai multe închisori iraniene, după alegerile din 2009.[7]

Creșterea cooperării

Evoluția gândirii care a dus la reducerea agresivității a provocat și o creștere a cooperării.

Piotr Kropotkin, naturalistul care la sfârșitul secolului al XIX-lea susținea că ajutorul reciproc este un factor mai puternic decât competiția în evoluția biologică[i], și-a extins demonstrația la evoluția umană. El susținea că izvoarele istorice oferă o imagine distorsionată:

> Poemele epice, inscripțiile de pe monumente, tratatele de pace – aproape toate documentele istorice au același caracter; vorbesc despre încălcări ale păcii, nu despre pace. De aceea, chiar și istoricii cu cele mai bune intenții prezintă, inconștient, o imagine distorsionată a vremurilor pe care încearcă să le descrie.[8]

Această opinie este susținută astăzi de distinsul istoric Davin Cannadine în cartea sa din 2013 *The Undivided Past: History Beyond Our Differences*[9], în care afirmă că istoricii au subliniat conflictele interne și externe dintre religii, rase sau etnii, dar au ignorat nenumăratele exemple de cooperare și de interacțiuni profitabile care au existat între aceste entități.

Încă din vremea primilor oameni există dovezi nu numai ale colectivizării[ii], ca la insectele sociale, ci și ale cooperării, așa cum am definit-o în capitolul 19:

> **cooperare** Colaborare voluntară pentru atingerea unor obiective stabilite în comun sau pentru beneficiul reciproc.

Spre deosebire de colectivizarea instinctivă sau forțată, cooperarea necesită gândire reflexivă, iar aceasta este o trăsătură specific umană. Semne timpurii ale cooperării sunt menționate în capitolul 26, în care am examinat apariția oamenilor.[iii] În capitolul 27, dedicat evoluției gândirii primitive, am arătat cum aceasta s-a dezvoltat înfruntând instinctul de competiție dominant, care a avut drept consecințe colectivizarea forțată și dezvoltarea imperiilor ierarhizate.[iv] Pe măsură ce s-a dezvoltat gândirea filozofică, Regula de Aur, de a face altora, inclusiv dușmanilor tăi, ceea ce ți-ai dori să ți se facă ție, care este o regulă izvorâtă din cooperare, a contracarat tendința

---

i) Vezi pagina 321.
ii) Vezi glosarul.
iii) Vezi, de exemplu, pagina 521.
iv) Vezi, de exemplu, concluziile 4 și 5 de la pagina 560.

dominantă a acelor vremuri, anume competiția agresivă cu celelalte state pentru resurse și teritoriu.

Prăbușirea Imperiului Roman de Apus în secolul al V-lea a marcat începutul a ceea ce istoricii din Occident numesc perioada medievală. Cu toate acestea, goții, vandalii, anglii, saxonii, lombarzii și alte triburi numite, depreciativ, barbare, care au invadat dinspre est, au adus cu ele din societățile lor rurale tradiția adunărilor *folkmote*, sau adunarea tuturor bărbaților adulți, care hotărau cum trebuie lucrat pământul, de regulă proprietate comună. Cele mai multe dintre aceste *folkmotes* își alegeau, de asemenea, reprezentanți care să arbitreze conflictele, să decidă cine e răspunzător de o vătămare sau o nedreptate și stabileau o amendă drept compensație, în loc ca partea vătămată să se răzbune. Parte din această compensație era reținută de sat pentru activități comune.[10] Astfel de tradiții au fost precursoare ale parlamentelor moderne și ale sistemelor judiciare.

Pe măsură ce populațiile barbare s-au răspândit, Europa a devenit un mozaic de sisteme socio-politice diferite. Biserica a devenit o putere seculară, foștii invadatori s-au creștinat, în timp ce cetățenii fostului Imperiu Roman de Apus au asimilat tradiții barbare; au apărut noi valuri de invazii; cetele de războinici, fiecare condusă de o căpetenie, ofereau protecție țăranilor care lucrau pământul în schimbul unui tribut, ceea ce a dus la apariția sistemului feudal. Totuși, cooperarea a existat în continuare în cele mai multe părți ale Europei, pe măsură ce satele prospere s-au dezvoltat în cetăți și orașe, reafirmându-și rădăcinile cooperante prin aceea că membrii lor formau, în funcție de profesie, frății sau bresle de muncă, bazate pe o conducere autonomă și democratică și pe întrajutorare. Multe dintre acestea erau permanente, precum breasla negustorilor, a meșteșugarilor, a agricultorilor și a învățătorilor, în timp ce alte bresle erau temporar alcătuite pentru scopuri speciale precum expedițiile pe mare pentru schimburi de mărfuri sau construirea unei biserici sau catedrale.

Cetățile medievale din Europa s-au organizat ca o dublă federație: a posesorilor de gospodării grupate în uniuni teritoriale mici – de fapt, mici comunități sătești, fiecare cu parohia sa – și a oamenilor uniți prin legământ în bresle, după profesiile lor. Locuitorii unora dintre cetăți au cooperat în continuare formând comune ai căror cetățeni erau legați de jurăminte care-i angajau la ajutor reciproc pentru schimburi și apărare; astfel de comune s-au dezvoltat și în unele zone rurale. Ele au devenit tot mai puternice și au câștigat o independență substanțială față de stăpânii feudali. Această independență a crescut prin cooperarea cu alte comune, în cadrul unor federații precum Liga Lombardă, din centrul și nordul Italiei.

În decurs de aproximativ 350 de ani de la începutul secolului al XI-lea, fața Europei s-a schimbat prin astfel de activități cooperative. Sate neînsem-

nate și mici așezări au crescut transformându-se în cetăți medievale fortificate, în care au înflorit comerțul, artele, meseriile și învățământul, împreună cu construirea unor clădiri impresionante, precum catedralele gotice din Köln și Chartres.

Dispariția celor mai multe comune medievale în decursul secolelor al XIV-lea–al XVI-lea a avut diverse cauze de la un loc la altul. Un factor important a fost îndepărtarea de la principiile cooperării pentru păstrarea avuției și puterii. Nou-veniții și țăranii care munceau pământurile au fost marginalizați, iar comunele au rămas vulnerabile în fața tiranilor care au uzurpat fără milă puterea sau au fost subjugate de puterea statelor centralizate. În mod normal, un astfel de stat era condus de un monarh ereditar, un descendent al celei mai puternice căpetenii.

Deși cooperarea ca formă de guvernare a suferit un regres, tradițiile sale au influențat diversele acorduri la care au ajuns puterile competitoare ale monarhului, nobililor, Bisericii și negustorilor, în special în parlamente, care s-au dezvoltat pentru a aproba și apoi a elabora legi și a stabili taxe.

Cooperarea a reapărut la mijlocul secolului al XIX-lea în Anglia industrializată, ca răspuns la exploatarea capitalistă a forței de muncă. Gânditorii iluminiști precum Robert Owen, un industriaș de succes, au fondat comunități cooperative ai căror membri puteau lucra împreună pentru a-și satisface nevoile economice și sociale, inclusiv educația copiilor. Nici una dintre acestea nu a rezistat, în mare parte din cauza structurii lor economice. Totuși, au deschis drumul pentru cei 28 de bărbați care au întemeiat în 1844 Rochdale Equitable Pioneers Society, pornind de la un set de principii socio-economice care s-au dovedit de succes. Apoi au apărut tot mai multe astfel de societăți cooperative organizate pe aceste principii și s-au răspândit în întreaga lume, valorificând tradițiile de cooperare locale.[11] În 1895, după numai 51 de ani de la declararea acestor principii cooperative în Rochdale, pe atunci un oraș profilat pe manufactura bumbacului, federațiile cooperative naționale au colaborat pentru a forma o alianță internațională.[12] În 2012, Alianța Cooperativă Internațională estima că mai mult de un miliard de oameni – unul din șapte locuitori ai planetei – făceau parte dintr-o cooperativă de consumatori, muncitorească, imobiliară, agricolă sau din alte întreprinderi cooperative.[13]

Organizațiile politice și economice bazate pe competiție s-au alăturat mai greu acestei inițiative. Totuși, de la jumătatea secolului XX, organizarea ierarhică a unui imperiu condus de un autocrat a lăsat locul statelor naționale democratice care cooperează regional, așa cum sunt cele din Uniunea Europeană, și încearcă, nu întotdeauna cu succes, să coopereze la nivel global prin intermediul Organizației Națiunilor Unite și al agențiilor sale.

În capitolul 29 am arătat că progresul științific a fost realizat în primul rând prin cooperare. Oamenii de știință independenți au făcut fără îndoială

progrese conceptuale semnificative, dar acestea au fost dezvoltate prin cooperare odată cu crearea societăților științifice, cu publicarea descoperirilor lor și cu dezvoltarea echipelor internaționale pentru investigarea diverselor fenomene.

Viteza schimbării

Evoluția umană s-a accelerat constant. Oamenii au apărut ca specie dotată cu conștiință reflexivă cu cel puțin 40.000–10.000 de ani în urmă. Dacă luăm în considerare o medie de 25.000 de ani, constatăm că în 88% din timpul scurs de atunci societățile omenești au fost exclusiv primitive; reflecția despre sine și despre relațiile cu restul universului se baza pe superstiții și avea drept scop exclusiv supraviețuirea. Numai în 12% din acest timp reflecția oamenilor a inclus și preocuparea pentru cunoaștere și înțelegere în sine, prin intuiție și raționament, în timp ce epoca științifică, a gândirii bazate pe observație sistematică și verificarea dovezilor, ocupă mai puțin de 2% din durata existenței umane.

Dacă ar fi să folosim analogia cu un ceas de 24 de ore, iar oamenii ar fi apărut la ora 0, atunci gândirea filozofică a apărut cu două ore și 53 de minute înainte de ora 24, în timp ce gândirea științifică a apărut cu numai 27 de minute înainte de aceeași oră, așa cum reiese din figura 31.1.

Globalizarea

Ca nici o altă specie, oamenii s-au răspândit pe întreg pământul, folosind conștiința reflexivă pentru a găsi căi de supraviețuire în orice mediu, fără să se împartă în specii diferite. Globalizarea, mai curând decât răspândirea globală, a început să se accelereze de la mijlocul secolului XX, odată cu dezvoltarea călătoriilor internaționale accesibile. Acest lucru a dus la creșterea încrucișărilor rasiale și reducerea diferențelor fiziologice și culturale, susținute și de inventarea comunicării electronice globale.[i]

Comerțul s-a globalizat de asemenea. Mai mult, și gândirea a început se globalizeze. Organizațiile științifice, politice, economice, educaționale și umanitare supranaționale, precum ONU și agențiile sale despre care am vorbit mai înainte, au devenit treptat rețele de gândire globală.

În decembrie 1968, în plin Război Rece, imaginile trimise spre centrul de comandă de astronauții navetei spațiale Apollo 8 au arătat pentru prima dată planeta albastră, verde, maro și albă numită Pământ răsărind în întunecimea rece a spațiului de deasupra suprafeței lunare cenușii, lipsită de viață. Această imagine a jucat un rol semnificativ în crearea conștiinței globale. Pe planetă nu era marcată nici o graniță națională. Era casa noastră, a

[i]) Vezi pagina 535.

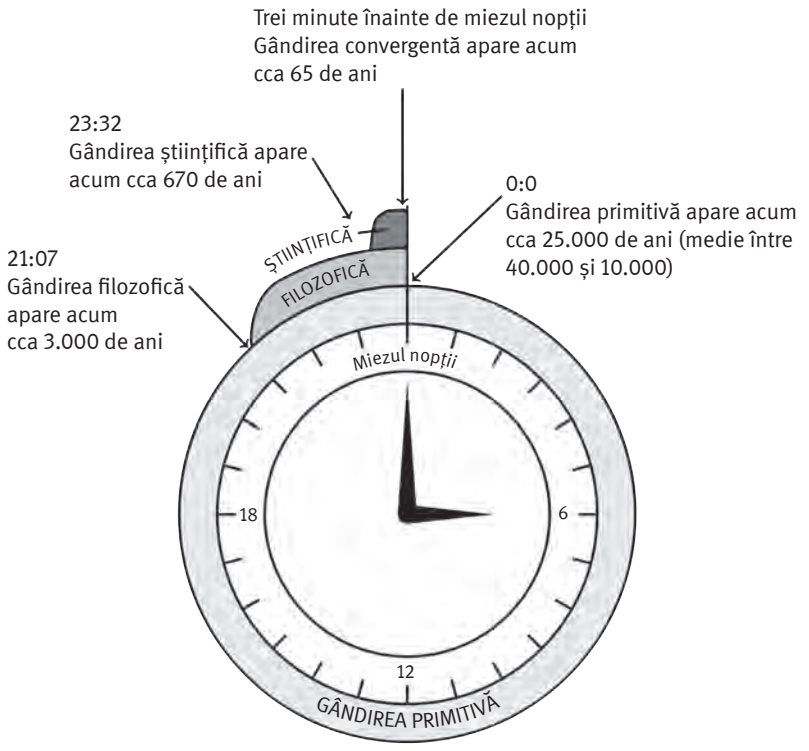


Figura 31.1 Etapele evoluției umane reprezentate pe un ceas cu 24 de ore.

tuturor, membri ai aceleiași specii încercând să supraviețuiască într-un habitat mic și aflat într-un echilibru precar. A fost o experiență care le-a schimbat viața acelor foști piloți de avioane de luptă care au trăit-o pentru prima oară. Pentru restul oamenilor, a condus la mișcări globale de protecție a mediului și la înțelegerea pe scară tot mai largă a naturii autodistructive a războiului, în opoziție cu atitudinea predominantă alimentată de complexele industrial-militare.

Micile grupuri locale s-au transformat rapid în organizații nonguvernamentale globale. Médecins Sans Frontières, fondată în 1971 de câțiva doctori și de editorul unei reviste medicale din Franța, are acum birouri în 23 de țări și asigură ajutor medical de urgență pentru oamenii afectați de conflicte armate, epidemii și dezastre naturale. Acționează imparțial, neținând seama de afilierea politică sau religioasă sau de granițele naționale. În 1999, a primit Premiul Nobel pentru Pace. Greenpeace a fost fondată în 1971 de 12 oameni care protestau împotriva folosirii armelor nucleare navigând în zona Insulelor Aleutine, unde militarii americani se pregăteau să testeze arme

nucleare. Și-a extins activitățile pentru a cuprinde problemele globale de mediu, iar acum operează în peste 50 de birouri naționale și regionale din întreaga lume, respectându-și angajamentul de a protesta pașnic.

Dezvoltările tehnologice au însemnat că, teoretic, de la începutul secolului XXI, orice om de pe planetă poate fi conectat cu oricare altul prin rețelele multimedia globale. În practică, tot mai mulți oameni sunt conectați global prin rețelele de socializare precum Facebook, care susținea în 2012 că are mai mult de un miliard de utilizatori activi. Per total, în 2011 o treime din populația de șapte miliarde de locuitori ai planetei era conectată online și existau 6 miliarde de utilizatori de telefoane mobile.[14] Până în 2020, după cum susține compania de telecomunicații suedeză Ericsson, societatea globală va fi conectată prin mai mult de 50 de miliarde de aparate electronice, din care 15 miliarde vor fi dotate cu capacități video.[15]

Complexificarea

În cel puțin 60% din existența umană, oamenii au trăit în grupuri mici, simple, mai ales de tipul familiilor extinse, permanent în mișcare, cu singurul scop de a supraviețui și cu o diviziune simplă a muncii între vânători și culegători; toți bărbații adulți participau la lupte. Așa cum am arătat în detaliu în capitolul 27, odată cu inventarea agriculturii și cu stabilirea unor așezări permanente a început un proces de complexificare a societăților umane și a culturii lor.

Evoluția gândirii științifice a dus la o complexificare din ce în ce mai rapidă a tuturor aspectelor societății și culturii umane, de la organizațiile sociale, economice și politice la comunicații, educație, ocupații, arte și activități de recreere. În secolul XXI, un individ dintr-o țară avansată din punct de vedere științific poate să trăiască alături de familia sa imediată și în același timp să fie membrul unei familii extinse, răspândită pe întreg globul, ai cărei membri comunică între ei numai electronic. Prin educație, respectivul individ ar putea să dobândească mobilitate socială și să practice o ocupație foarte diferită de cea a părinților săi, desfășurată într-o companie sau o organizație locală, regională, națională sau internațională. Poate fi membrul comunității de cartier, al comunității locale, al unui partid politic, al comunității orașului, al națiunii și al unei organizații supranaționale precum Comunitatea Europeană. În același timp, poate fi membru al unui cor local, al unui club de fotbal, al unui grup de lectură local sau global, și în același timp membru al mai multor rețele sociale globale. Această complexificare a început abia în ultimii aproximativ 65 de ani din cei 25.000 de ani de când există omenirea, ceea ce reprezintă mai puțin de 0,25% din durata existenței umane.

Tendința avangardei

Aceste tipare caracterizează avangarda evoluției umane. Majoritatea populației umane nu face parte din societățile dezvoltate din punct de vedere științific; culturile lor seamănă în mare parte cu cele ale societăților europene din diferite stadii de dezvoltare. În Bangladeshul de astăzi, de exemplu, lucrătorii textili locuiesc în cocioabe, lucrează un număr mare de ore în condiții precare și sunt printre cei mai prost plătiți muncitori din lume; guvernele, prin diferite înțelegeri cu proprietarii de fabrici, înăbușă încercările muncitorilor de a se asocia în sindicate, îi arestează pe activiști și nu reacționează la demersurile de intimidare și blocare a formării de sindicate întreprinse de proprietarii de fabrici.[16] Aceasta ar fi putut fi o descriere a muncitorilor textiliști din nord-vestul Angliei de la sfârșitul secolului al XVIII-lea și începutul secolului al XIX-lea. În general, țările în curs de dezvoltare evoluează în mod asemănător, dar mai rapid decât ritmul în care au evoluat națiunile avansate din punct de vedere științific.

Majoritatea populației din societățile dezvoltate nu este totuși imună la credințele născute din imaginația primitivă și din teama de necunoscut, inoculate de-a lungul câtorva sute de generații. După cum reiese din figura 31.1, gândirea primitivă nu dispare odată cu apariția gândirii științifice. Nu este surprinzător deci să spunem că o mare parte din populația SUA, care au un înalt nivel de dezvoltare științifică, crede în povestea biblică a creației, deși nu numai nenumăratele dovezi, ci și evidența logică o contrazic.[i] Sau că în țările avansate din punct de vedere științific atât de mulți membri ai celei mai mari religii din lume cred că Dumnezeu alege conducătorul Bisericii și îl inspiră să vorbească infailibil despre credință și morală.

Avangarda este restrânsă și are o vechime de numai o sută de ani. Dar indică direcția în care se îndreaptă evoluția umană. Este demn de menționat, de exemplu, faptul că Biserica Romano-Catolică își pierde rapid membrii în țările dezvoltate științific din Europa și SUA, în timp ce majoritatea celor care rămân nu cred în învățăturile Bisericii despre aspecte morale precum controlul nașterilor; rămân în Biserică numai cei care cred pe deplin, din regiuni subdezvoltate, mai ales din Africa și America de Sud.

În general, instinctul pentru competiția agresivă, moștenit din istoria de milioane de ani a strămoșilor preumani, și credințele primitive inoculate de-a lungul a mii de ani sunt forțe extrem de puternice care au modelat profund evoluția umană, dar care slăbesc treptat. Cooperarea, deosebită de colectivizarea impusă de un rege, de un împărat sau de un lider religios, a înfruntat aceste forțe și a început să influențeze hotărâtor evoluția umană acum mai puțin de 100 de ani, cam în aceeași perioadă în care descoperirile și invențiile ulterioare celei de-a doua revoluții științifice au început să producă schimbări

[i]) Vezi paginile 33–34.

semnificative în societățile umane. Dar aceşti doi factori – cooperarea şi gândirea ştiinţifică – devin rapid forţe care modelează evoluţia umană.

Convergenţa

Direcţia în care se îndreaptă, oricât de şovăitor, avangarda evoluţiei umane este convergenţa.

Apariţia speciei umane, care s-a răspândit pe tot globul, a creat ceea ce paleontologul Pierre Teilhard de Chardin a numit noosferă (termenul mai potrivit pe care-l sugerez ar fi cel de strat noetic), care a evoluat din biosferă (mai potrivit numită biostrat), care la rândul ei a evoluat din litosferă (mai nimerit numită geosferă). Teilhard a prevăzut în mod abstract că acest strat al gândirii complexificate s-ar intensifica şi ar converge spre o nouă etapă a procesului evolutiv cosmic. Umanistul Julian Huxley a împărtăşit viziunea lui Teilhard, dar nu şi ideea că acest stadiu ar echivala cu o cristificare a cosmosului, provenită mai curând din profunda lui credinţă religioasă decât dintr-un raţionament metafizic.[17]

Nici Teilhard, nici Huxley nu au trăit să vadă ultimii 65 de ani, în care viziunea lor a început să se realizeze. Nu numai că s-a format un strat de gândire în jurul Pământului, dar, ca urmare a ritmului tot mai accelerat al descoperirilor ştiinţifice şi al inovaţiilor tehnologice de la mijlocul secolului XX, cooperarea extinsă între oameni, complexificarea societăţilor umane şi globalizarea activităţii umane produc o tendinţă către convergenţă în opoziţie cu divergenţa caracteristică competiţiei.

La nivel biologic, semnele acestei convergenţe sunt vizibile în reducerea diferenţelor dintre subspecii. Termenul „rasă“ este rareori folosit astăzi în sens ştiinţific, pentru simplul motiv că grupurile umane, în afară de cele care trăiesc izolat, nu pot fi definite prin trăsături fizice sau genomuri unice. Tendinţa către convergenţă se manifestă cel mai evident în reţelele de intercomunicaţii, interacţiuni şi cooperare pe care oamenii le formează la nivel individual, familial, local, naţional, internaţional şi global. Ea produce o conştiinţă umană împărtăşită care reflectează asupra unor lucruri precum supravieţuirea întregii specii umane, habitatul nostru planetar, celelalte specii de pe planetă, evoluţia sa viitoare ca specie şi relaţiile sale cu restul universului din care face parte. Aceasta nu implică o evoluţie spre uniformizare, ci mai degrabă o varietate în unitate. Aşa cum conştiinţa introspectivă a unui singur individ se corelează cu interacţiunea şi colaborarea dintre nenumărate reţele de celulele nervoase, conştiinţa introspectivă a întregii specii se corelează cu interacţiunea şi colaborarea dintre nenumăratele reţele de conştiinţă umane.

Această tendinţă convergentă şi accelerată este extrem de recentă în istoria omenirii. Figura 31.1 arată că a început cu 3 minute înainte de miezul nopţii, raportat la cele 24 de ore care reprezintă vechimea existenţei umane.

Hominizarea

Acest proces evolutiv al hominizării, sau ceea ce Julian Huxley numea evoluția progresivă psihosocială, se accelerează, dar nu este nici pe departe complet; membrii speciei ar fi mai bine definiți ca oameni în devenire decât ca ființe umane. Prin analogie cu dezvoltarea omului la nivel individual, specia umană s-a născut după o foarte lungă gestație, a trăit o copilărie deconcertantă și adesea înspăimântătoare, a trecut printr-o adolescență dificilă, iar acum bâjbâie către vârsta adultă.

Dualitatea schimbătoare a naturii umane

Dualitatea fundamentală a naturii umane s-a manifestat încă de la apariția speciei, prin opoziția dintre cooperare și competiție, dintre altruism și egoism, dintre compasiune și agresivitate. A fost privită ca un conflict între bine și rău, mitologizat în povestiri din toate timpurile, de la povestea despre Cain și Abel din Biblia ebraică, ispitirea lui Buddha de către demonul Mara, înainte să primească iluminarea, și ispitirea lui Isus în deșert de către diavol, până la povestirea despre Jekyll și Hyde a lui Robert Louis Stevenson, de la sfârșitul secolului al XIX-lea, în care se vorbește explicit despre conflictul interior al individului.

Dar acest conflict nu este static. Conștiința reflexivă a evoluat tot mai rapid de la apariția ei și schimbă echilibrul acestei dualități. Instinctul agresiv pentru competiție își păstrează puterea, dar își pierde treptat forța de modelare a evoluției umane, fiind contracarat de o înțelegere tot mai profundă a faptului că specia umană nu poate să supraviețuiască și să-și continue evoluția decât prin cooperare pașnică.

Integrarea tiparelor în dovezi

Integrarea acestor tipare dinamice în dovezile evoluției oamenilor moderni poate fi reprezentată schematic ca în figura 31.2 (care nu este făcută la scară).

Evoluția conștiinței reflexive a început foarte lent și a avut un parcurs șovăitor, înfruntând instinctul dominant, moștenit de la strămoșii preumani. Consecințele sale, precum cooperarea, au făcut mereu doi pași înainte și unul înapoi: cooperarea a fost adesea subminată de agresivitate și transformată în cooperare forțată, care este un lucru cu totul diferit. Conștiința reflexivă a început să influențeze semnificativ societățile umane abia în urmă cu aproximativ 3000 de ani, odată cu apariția gândirii filozofice. Apoi, dezvoltarea ei s-a accelerat în etapa gândirii științifice. În prezent, principalele sale consecințe – cooperarea, altruismul, complexificarea și convergența – nu le-au depășit încă pe cele ale instinctului, dar dezvoltarea continuă și rapiditatea ei sugerează că acest lucru se va întâmpla într-un viitor nu foarte îndepărtat.

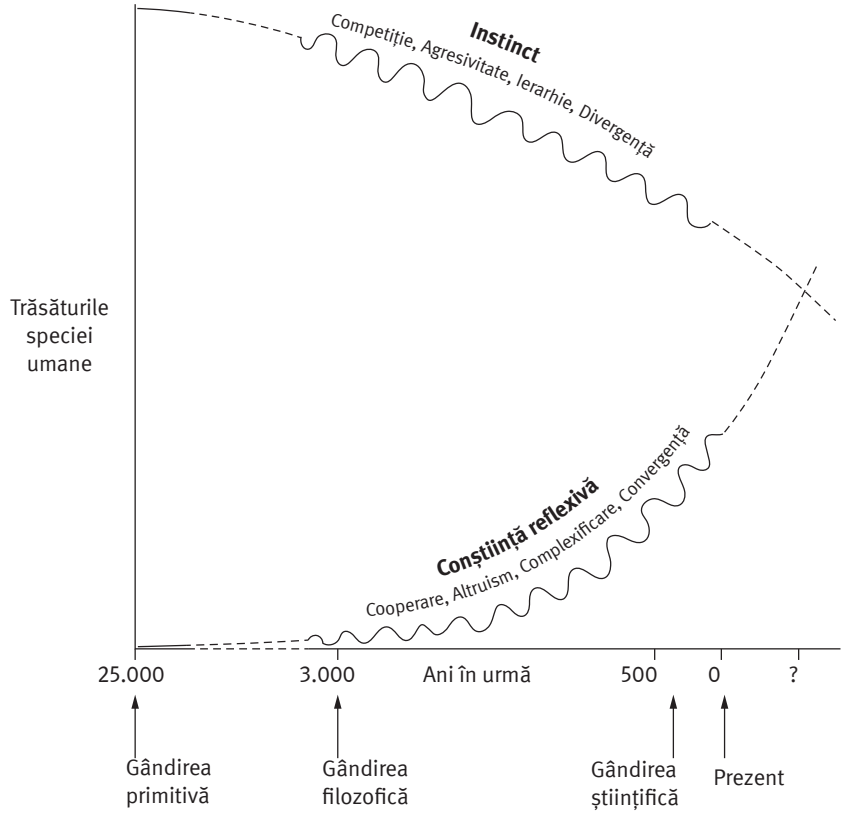


Figura 31.2 Tipare în evoluția omului modern. Liniile ondulate indică progresul șovăielnic, o serie de pași înainte și de reculuri.

PARTEA A PATRA

Un proces cosmic

CAPITOLUL 32

Limitările științei

> Metoda științifică este singura cale prin care se poate descoperi natura realității. — Peter Atkins, 2011

> Deși este numită epoca investigației științifice, epoca noastră a devenit una a superstițiilor privind infailibilitatea științei. — Louis Kronenberger, 1954

Pe parcursul acestei investigații, ne-am dat seama că există limite cu privire la ceea ce ne poate spune știința despre ce suntem și cum am evoluat de la originile universului. Voi trece în revistă două categorii de limitări: (1) din domeniul științei și (2) ale domeniului științei. Voi menționa pe scurt câteva lucruri din afara domeniului științei pe care trebuie să le cunoaștem pentru a răspunde la întrebările ce suntem?, de unde am venim?, cum am evoluat? și voi încheia sugerând o altă posibilă limitare.

LIMITĂRILE DIN DOMENIUL ȘTIINȚEI

În capitolul 29 am reluat definiția științei așa cum este ea înțeleasă astăzi și am adăugat metoda științifică general acceptată, de care este inseparabilă, menționând că oamenii de știință n-au urmat mereu toți pașii acestei metode, în special în cazul principalelor descoperiri conceptuale. În interiorul acestui domeniu există limitări cu privire la ce ne poate spune știința, dar ele pot fi depășite pe măsură ce știința avansează, în timp ce alte limitări sunt de nedepășit. Este util să analizăm ambele categorii în cadrul diferitelor aspecte interconectate ale științei.

Observația și măsurătoarea

Știința folosește observații și experimente sistematice, preferabil măsurabile, dar dacă două teorii științifice de bază sunt valide există limite cu privire la ce poate fi supus observației și măsurătorilor.

Dacă teoria cuantică este validă, rezultă, conform principiului incertitudinii al lui Heisenberg, că cu cât suntem mai siguri de măsurarea poziției unui obiect, cu atât suntem mai puțin siguri de măsurarea vitezei lui din același moment. Acest principiu se aplică și în cazul măsurării energiei unui

obiect la un moment anume. Pentru obiectele vizibile, produsul celor două incertitudini este atât de mic, încât poate fi considerat neglijabil. Totuși, pentru obiecte cu masa unui atom sau mai mică, precum un electron, incertitudinea este semnificativă.

În plus, nu putem să măsurăm un interval de timp mai mic de 10^{-43} secunde sau să spunem ceva semnificativ despre un eveniment care are loc într-un asemenea interval de timp. Deși pentru majoritatea fenomenelor aceasta nu este o limitare practică, multe dintre modelele inflației din cosmologie speculează că în astfel de intervale de timp de la începutul universului au avut loc evenimente importante.

Dacă teoria relativității restrânse este validă, atunci nimic nu poate să se deplaseze mai repede decât lumina, și de aceea nu putem observa nimic aflat mai departe de noi decât distanța parcursă cu viteza luminii de la începutul universului; este ceea ce se numește „orizontul particulei". În plus, dacă actualul model cosmologic ortodox, cel al Big Bangului fierbinte, este valid, atunci nu putem observa nimic înainte de circa 380.000 de ani de la Big Bang, deoarece atunci radiația electromagnetică nu se decuplase încă de materie; este ceea ce se numește „orizontul vizual".[i]

Datele

Datele științifice – informația obținută prin observație sistematică sau prin experiment – suportă patru tipuri de limitări. În primul rând, există date care nu au fost încă obținute, dar sunt activ căutate, de exemplu ce este materia neagră despre care se crede că ar armoniza teoria gravitației cu observațiile[ii], deși unii teoreticieni susțin că modificările aduse teoriei gravitaționale înlătură nevoia ca materia neagră să existe.[iii]

În al doilea rând, există date neanticipate care vor fi descoperite în viitor și vor duce la modificări ale teoriei. Descoperirea radioactivității a dus în cele din urmă la teoria interacțiunii nucleare slabe, care este una dintre cele patru forțe fundamentale ale universului.[iv]

Următoarele două tipuri de limitări sunt de nedepășit. Datele existente pot fi intrinsec incerte. De exemplu, cele mai vechi consemnări scrise nu erau aproape niciodată concepute să relateze fapte, ci serveau nevoilor propagandei în favoarea unui conducător sau unei religii, așa cum este istoria biblică a căderii Ierihonului, în timp ce dovezile despre gândirea filozofică din Antichitatea greacă provin din surse secundare și terțiare, scrise la câteva sute de ani mai târziu.

---

[i]) Vezi pagina 106.
[ii]) Vezi pagina 67.
[iii]) Vezi pagina 157.
[iv]) Vezi paginile 139–140.

În ultimul rând, datele se pot pierde definitiv. Am văzut în capitolul 14 că, din cauza faptului că fosilizarea este un fenomen atât de rar și că practic toate rocile sedimentare au fost scufundate sau au devenit roci metamorfice în primul miliard de ani din existența Pământului, este aproape sigur că nu vom obține niciodată dovezi cu privire la cum arătau primele forme de viață de pe Pământ.[i] Numărul mic de specimene fosile face imposibilă, printre altele, determinarea liniei evolutive concrete de la primate la oamenii moderni.[ii]

Subiectivitatea

Metoda științifică este adesea considerată singura prin care putem ajunge la explicarea obiectivă a fenomenelor, dar, așa cum spunea imunologul Peter Medawar, laureat al Premiului Nobel, „observația inocentă, nepărtinitoare este un mit."

Subiectivitatea poate limita puterea explicativă a științei în trei moduri: adoptarea (adesea inconștientă) a supozițiilor de bază, selectarea datelor și interpretarea datelor.

Adoptarea supozițiilor

În spatele fiecărei explicații științifice stă alegerea explicită sau implicită a unor supoziții. De exemplu, în capitolul 3 am văzut că, pentru a rezolva ecuația de câmp a relativității generale, atunci când se aplică universului, Einstein și alții au făcut două supoziții explicite: universul este izotrop (arată la fel în toate direcțiile) și este omnicentric (lucru valabil dacă este observat în același moment din orice alt punct). Prima dintre aceste supoziții nu este deplin validă: stelele din galaxia noastră, de exemplu, formează o fâșie distinctă de lumină pe cer, cunoscută drept Calea Lactee. Cea de-a doua supoziție nu poate fi niciodată testată.

Cu aceste două supoziții simplificatoare, din care rezultă neapărat că există un univers omogen (care e la fel în orice punct), ecuațiile relativității generale au produs trei soluții: un univers închis, a cărui expansiune va încetini, se va opri și apoi se va inversa, până la Big Crunch; un univers deschis, a cărui expansiune va continua indefinit, cu o rată constantă, producând în final un univers vid; și soluția universului plat, a cărui expansiune încetinește fără a se opri vreodată. Cosmologii au adoptat soluția universului plat ca supoziție de bază pentru ceea ce a devenit modelul ortodox al Big Bangului, cu modificările care i s-au adus ulterior. În capitolele 3 și 4 am văzut de ce acest model nu se potrivește cu observațiile. Totuși, supozițiile

[i]) Vezi pagina 255.
[ii]) Vezi pagina 506.

de la care pornește sunt acum menționate foarte rar sau niciodată, și cu atât mai puțin sunt puse sub semnul întrebării, în timp ce soluția universului închis sau cea a universului deschis sunt rareori examinate pentru a se vedea dacă nu cumva se potrivesc mai bine cu datele observaționale.

În partea a doua am prezentat numeroasele supoziții făcute atunci când biologii au încercat să explice apariția și evoluția vieții. De exemplu, explicația ortodoxă a evoluției formelor de viață se bazează pe supoziția că genele, fragmente de ADN care codifică producția de proteine, sunt răspunzătoare pentru felul în care arată și se comportă un organism. Aceasta a fost o supoziție rezonabilă la mijlocul secolului XX, dar s-a transformat într-o doctrină ai cărei susținători au ignorat sau au combătut mai târziu criticile conform cărora ar fi, în cel mai bun caz, o simplificare excesivă. Timp de peste 50 de ani susținătorii neodarwinismului au afirmat că 98% din genomul uman, care nu este format din gene, este un ADN deșeu fără nici o funcție. Studiile experimentale din ultimii ani, care au urmat secvențierii genomului uman, au arătat că această afirmație nu e nici pe departe adevărată, dându-le dreptate celor care contestaseră supoziția de bază.[i]

Un alt exemplu din capitolul 20 este lista supozițiilor care stau la baza tehnicii ceasului molecular, folosită pentru a determina când s-au separat speciile, alături de criticile substanțiale aduse acestor supoziții.[ii]

Cât despre evoluția gândirii, simțirii și comportamentului uman, supoziția de bază a psihologiei evoluționiste este că astfel de caracteristici au rezultat din acumularea de modificări genetice selectate natural pe parcursul a mii de generații, pentru a oferi omului un avantaj competitiv pentru supraviețuirea în epoca de piatră. Am explicat în capitolul 29 de ce această supoziție nu are un caracter rațional și intră în conflict cu dovezile existente.[iii]

Supozițiile care erau rezonabile la momentul la care au fost formulate ar trebui recunoscute explicit ca ipoteze ce trebuie revizuite, modificate sau abandonate în lumina dovezilor care le neagă, decât să fie transformate în dogme care limitează progresul puterii explicative a științei.

Selectarea datelor

Se întâmplă rareori ca alegerea unui fenomen pentru observare sistematică, măsurare sau testare experimentală și chiar alegerea datelor în urma respectivelor observații și experimente să reprezinte acte complet dezinteresate. Toate aceste opțiuni sunt puternic influențate de alegerea conștientă sau inconștientă a supozițiilor de bază și, adesea, de așteptările cu privire la rezultate. În exemplul ceasului molecular menționat mai înainte, cercetă-

[i]) Vezi pagina 377.
[ii]) Vezi pagina 392.
[iii]) Vezi pagina 609.

torii aleg ce date să folosească pentru calibrarea ceasului molecular și ce secvențe de nucleotide să compare la diferite specii. Aceste opțiuni pot produce concluzii foarte diferite. De exemplu, estimările privind momentul ramificării genului *Pan* de cimpanzei și a genului uman *Homo* variază de la 2,7 la 13 milioane de ani.[i]

Selectarea datelor este frecvent legată de interpretarea lor.

Interpretarea datelor

Datele în sine, de exemplu citirea unui termometru, sunt lipsite de semnificație. Știința este preocupată de interpretarea datelor. Interpretarea obiectivă a datelor de către oamenii de știință este un ideal niciodată atins. Filozofii Thomas Kuhn și Paul Feyerabend susțineau că interpretarea datelor este determinată în mare măsură de teoriile anterioare. Adevărat, fără îndoială. În partea întâi a acestei cărți sunt cuprinse foarte multe exemple de date astronomice interpretate diferit de adepții teoriei ortodoxe sau ai altor teorii, printre care deplasarea foarte rapidă spre roșu a radiației asociate cu cuasarii[ii], radiația supernovelor foarte îndepărtate de tip 1a[iii], fluctuațiile radiației cosmice de fond[iv] și harta radiației cosmice de fond făcută cu ajutorul sondei Wilkinson Microwave Anisotropy[v].

Mai mult, sunt implicați și alți factori. Oamenii de știință nu sunt mașinării. Nu se deosebesc de ceilalți oameni și au aceleași motivații, aceleași porniri egoiste, aceleași ambiții și nesiguranțe ca toată lumea. Investigarea acestor interpretări diferite m-a determinat să sugerez, recunosc, cu puțină maliționizitate, o lege a interpretării datelor.

> **legea interpretării datelor** Gradul în care un om de știință se îndepărtează de o interpretare obiectivă a datelor obținute în urma investigației sale depinde de patru factori: hotărârea sa de a valida o ipoteză sau de a confirma o teorie, timpul dedicat investigației științifice, investiția emoțională și nevoia de a publica o lucrare semnificativă pentru cariera sa ori de a-și salva reputația.

În știința de cea mai bună calitate îndepărtarea este redusă. Atunci când este mare, știința devine defectuoasă, așa cum voi arăta mai târziu în acest capitol.

În partea a doua a cărții am expus de asemenea problemele majore ale interpretării datelor pentru explicarea evoluției vieții. Chiar în foarte rarele

---

[i]) Vezi pagina 394.
[ii]) Vezi paginile 109–110.
[iii]) Vezi paginile 69 și 109.
[iv]) Vezi pagina 113.
[v]) Vezi paginile 115–116.

cazuri în care se găsește o fosilă completă, interpretarea ei poate să fie greșită. De exemplu, o fosilă găsită în șisturile Burgess din Canada a fost inițial considerată o specie necunoscută anterior, care se deplasa pe niște picioare spinoase. În anul 1977, această fosilă a fost numită *Hallucigenia sparsa.* 14 ani mai târziu, descoperirea unor fosile similare în China a dus la constatarea că *Hallucigenia* fusese orientată greșit, cu susul în jos: era un membru al unei încrengături deja existente care umbla pe picioare tentaculare și avea două rânduri de spini dorsali.[i]

Majoritatea fosilelor constau de regulă în mici fragmente, iar în capitolul 17 am prezentat dificultățile interpretării lor pentru a stabili evoluția vieții.

În capitolul 26, am examinat problema interpretării fosilelor și altor dovezi pentru a explica unde, cum și când au apărut primii oameni și modul în care diferite interpretări produc linii evolutive diferite de la hominini la oameni.

Metoda

Reducționismul – metoda prin care un fenomen este descompus în părțile sale constitutive pentru a înțelege din ce e alcătuit și cum funcționează – s-a dovedit un instrument extrem de folositor pentru înțelegerea tot mai aprofundată a fenomenelor naturale. Această perspectivă poate oferi o explicație completă a sistemelor relativ simple, izolabile, precum formarea structurilor cristaline într-o soluție saturată de sare.

Totuși, reducționismul are o forță explicativă limitată în cazul sistemelor complexe, deschise, interactive și emergente. I-am văzut limitele în capitolul 13, în care am definit viața[ii], și în mai multe alte cazuri în capitolul 26, în care am discutat apariția omului dotat cu conștiință reflexivă din strămoșii săi preumani. Cei mai mulți teoreticieni ai fizicii cuantice consideră că reducționismul nu e potrivit pentru explicarea fenomenelor naturale.

Oamenii de știință care folosesc numai acest instrument analitic își limitează capacitățile explicative nereușind să-l combine cu o abordare globală.

Teoria

Unele teorii considerate științifice implică infinitul. Modelul matematic Friedmann-Lemaître, pe care se bazează ideea Big Bangului, consideră că universul este infinit ca întindere. Așa cum am subliniat în capitolul 6, infinitul este altceva decât un număr foarte mare.[iii] Dacă o cantitate sau un număr care este infinit corespunde realității sau măcar realității percepute de ființele finite, precum noi înșine, este o întrebare metafizică, căreia știința nu

---

[i]) Vezi paginile 339–340.

[ii]) Vezi paginile 284–285.

[iii]) Vezi pagina 121.

poate să-i răspundă. Dacă teoriile de acest fel nu pot fi testate prin observație sistematică sau prin experiment, nu aparțin domeniului științei. Voi discuta câteva dintre ele puțin mai târziu în acest capitol.

Tot în capitolul 6 am văzut că fiecare din cele două teorii fundamentale ale fizicii actuale are o putere explicativă limitată. Teoria relativității nu poate explica fenomene care se petrec la scara unui atom sau mai mică decât atât, în timp ce teoria cuantică nu poate explica fenomene de amploarea masei stelare sau mai mari sau cu o viteză apropiată de viteza luminii.

Este rezonabil să presupunem că, așa cum teoria relativității și teoria cuantică s-au dezvoltat pe baza unor teorii mai vechi ale mecanicii clasice, dezvoltări ulterioare pot duce la formularea unei teorii mai profunde care să depășească limitările teoriei relativității și teoriei cuantice, precum și limitele de măsurare și observare ale acestor două teorii.

O altă teorie limitată în scopurile ei este principiul creșterii entropiei, care spune că într-un sistem închis sau izolat dezordinea fie rămâne constantă, fie, mai frecvent, crește, în timp ce energia disponibilă descrește.[i] Deși acest principiu are susținere empirică în cazul celor mai multe sisteme, el nu explică evoluția universului, prin definiție un sistem închis sau cel puțin izolat, care prezintă o creștere a complexității în timp.[ii]

În concluziile capitolului 10 am sugerat că o soluție pentru această problemă ar putea fi identificarea unei noi forme de energie care este implicată în transformările de energie și în variația corespunzătoare a complexității.

În istoria științei au existat astfel de cazuri de neprevăzut care au schimbat radical felul în care înțelegem natura. Înainte de mijlocul secolului al XIX-lea nimeni nu prevăzuse că fenomenele electrice și magnetice vor fi explicate prin existența unui câmp energetic universal (fizicienii teoreticieni consideră de obicei că gama câmpului electromagnetic reprezintă întregul univers). Înainte de 1932, existența unui câmp energetic răspunzător de legarea particulelor în nucleul atomic (forța nucleară tare) era necunoscută. Înainte de 1956, existența unui câmp energetic răspunzător pentru un tip de dezintegrare radioactivă (forța nucleară slabă) nu era nici ea cunoscută. Și totuși, interacțiunile electromagnetice nucleare tari și slabe, împreună cu interacțiunea gravitațională, constituie ceea ce știința recunoaște în prezent drept cele patru interacțiuni fundamentale din natură.[iii]

Energia parapsihică?

Un candidat pentru o nouă formă de energie este energia parapsihică. Aceasta poate fi definită în linii mari drept energia asociată minții, care nu este reductibilă la formele cunoscute de energie.

---

[i]) Vezi glosarul pentru definiția completă.
[ii]) Vezi pagina 184.
[iii]) Vezi paginile 139–140.

Exemplele de pretinsă energie parapsihică din secolul al XIX-lea se împleteau cu credințe superstițioase precum spiritismul și cu emoții precum tristețea; multe dintre ele erau doar amăgiri sau chiar înșelăciuni. În consecință, majoritatea oamenilor de știință au respins această idee, astfel că s-au făcut puține cercetări în domeniu.

Printre domeniile mai recente de studiu privind energia parapsihică din Europa și America se numără percepția extrasenzorială, psihokinezia (manipularea obiectelor fizice prin puterea minții), experiențele extracorporale și experiențele de moarte clinică.

Cartea psihologului Raymond Moody *Life after Life*, publicată în 1975, a oferit primele relatări detaliate ale experiențelor din apropierea morții (*near death experience*, NDE). În urma apariției cărții au fost înființate organizații precum International Association for Near-Death Studies, care a căutat, colectat, catalogat și investigat astfel de relatări. Conform unui sondaj de opinie din 1992, aproximativ 8 milioane de americani au declarat că au avut NDE. Multe dintre acestea, precum vederea unor imagini din întreaga viață într-o clipă, sentimentul de seninătate, deplasarea printr-un tunel de lumină sau întâlnirea cu rude decedate sau cu o zeitate (Isus la creștini, Shiva sau un alt zeu la hinduși etc.), au explicații fiziologice perfect plauzibile: anestezicele și alte medicamente administrate unui pacient, care pot produce halucinații și deformări ale memoriei, influența excesului de dioxid de carbon și a nivelului scăzut de oxigen asupra neuronilor, prin scăderea presiunii sangvine, închiderea graduală a unor regiuni ale creierului muribund și o descărcare puternică, temporară, de unde cerebrale gama imediat după stopul cardiac, așa cum s-a observat la șobolani.[1]

O categorie pare totuși să sfideze astfel de explicații. Unii pacienți care au fost resuscitați după ce au intrat în moarte clinică au relatat că și-au părăsit corpul și au observat eforturile de resuscitare de undeva din apropierea tavanului, făcând o descriere corectă a activităților și discuțiilor dintre doctori.

Sam Parnia, acum medic specializat în îngrijirea stărilor critice și director al centrului de cercetare a resuscitării de la Stony Brook University School of Medicine, New York, și neuropsihiatrul britanic Peter Fenwick, specialist în NDE, au întreprins în 2008 un studiu menit să investigheze dacă mintea se poate separa de corp.

Studiul a fost ulterior modificat pentru a examina o gamă largă de experiențe mentale la un număr de 2.060 de pacienți care au suferit un stop cardiac, în 15 spitale, iar rezultatele au fost publicate în ediția din decembrie 2014 a revistei *Resuscitation*.[2] 140 din cei 330 de supraviețuitori au fost capabili să răspundă la întrebări. 39% dintre ei au descris o anumită conștientizare a situației, dar fără să aibă amintiri explicite. În opinia lui Parnia, asta sugerează că o mare parte a oamenilor pot avea experiențe intense referi-

toare la moarte, dar nu-și amintesc de ele, din cauza leziunilor cerebrale sau efectelor medicamentelor sedative asupra circuitelor memoriei.

Dintre cei 101 pacienți care au participat la interviuri suplimentare, nouă dintre ei au raportat amintiri compatibile cu NDE, în timp ce doi și-au amintit experiențe extracorporale, de exemplu că „au văzut" și „au auzit" fapte asociate cu resuscitarea lor, deși nu s-au putut exclude falsele amintiri și confabulațiile (completarea inconștientă a lacunelor de memorie cu elemente fabricate și percepute drept adevărate). Unul dintre pacienți a raportat amintirea unor stimuli acustici timp de 3 minute cât inima s-a oprit, amintire validată ulterior.

Cercetătorii au tras concluzia că rezultatele justifică efectuarea unor studii mai extinse, în timp ce scepticii le-au considerat în totalitate negative.

Dacă poate fi primită informație atunci când plămânii încetează ventilarea, când inima încetează să pompeze sânge către creier, iar creierul nu prezintă activitate neuronală, înseamnă că mintea nu este limitată de cele 1,5 kilograme de materie gelatinoasă care ocupă aproximativ 1.200 de centimetri cubi, anume creierul uman. Ar fi nevoie de o nouă formă de energie și pentru funcționarea minții.

Nu este locul aici să analizăm în profunzime problema legăturii dintre corp și minte, care în lumea științifică este polarizată între o majoritate care crede în fizicalism sau materialism și o minoritate care crede fie în idealism (în special teoreticienii fizicii cuantice), fie în dualism, care susține că mintea și corpul nu sunt unul și același lucru. Suficient să spunem că creierul în sine nu poate să fie identic cu mintea; creierul izolat este o absurditate din punct de vedere biologic.

Toate studiile neuroștiințifice testabile sistematic și replicabile care pretind să demonstreze că mintea nu este altceva decât interacțiunea dintre neuroni spun de fapt că mintea imaterială controlează corpul material prin intermediul creierului. Folosind un exemplu menționat în capitolul 29, dacă decizi să-ți împuști vecinul mintea hotărăște acțiunile care sunt executate de corp conform semnalelor electrochimice generate de creier. Nu vei convinge pe nimeni dacă afirmi la tribunal că nu ai avut de ales, deoarece Francis Crick, Stephen Hawking și alți materialiști susțin că liberul-arbitru este o iluzie: toate acțiunile tale sunt determinate de gene și de chimia creierului, o perspectivă numită determinism neurogenetic.

Studiile privind leziuni ale diferitelor regiuni ale creierului care afectează diverse funcții mentale, precum memoria sau vederea, sunt invocate în susținerea ideii materialiste că mintea nu este altceva decât creierul în acțiune, dar specialistul în neuroștiințe Mario Beauregard, susține, pe urmele multor dualiști, că „e ceva la fel de ilogic cum ar fi să asculți muzică la

radio, apoi să distrugi antena radioului și să tragi concluzia că aparatul genera de fapt muzica".[3]

Percepția extrasenzorială (ESP) este presupusa abilitate ce permite dobândirea unor informații fără a folosi cele cinci simțuri. Include telepatia (informația provine de la o altă persoană), vederea la distanță (informația vine de la un obiect sau un eveniment aflat la distanță) și precogniția sau retrocogniția (informația vine din viitor sau din trecut).

În principiu, nu există nici un motiv să susținem că astfel de lucruri sunt imposibile. Înainte de mijlocul secolului al XIX-lea nimeni nu gândea că este posibil să transmiți informații vizuale altfel decât material, de exemplu prin serviciul poștal. În decursul a o sută de ani, s-a ajuns la transmiterea de imagini în mișcare și sunete la distanțe foarte mari, sub formă de unde de energie electromagnetică.

În 1975, în plin Război Rece, a fost inițiat un proiect secret de 20 de milioane de dolari referitor la vederea la distanță și la psihokinezie, care a durat douăzeci de ani. A fost finanțat de serviciile secrete ale SUA și de NASA și condus de doi specialiști în fizica laserilor, Harold Puthoff și Russell Targ, la Stanford Research Institute, California. Au fost implicate zeci de persoane, nu numai pentru cercetare, ci și pentru vederea operațională la distanță și, conform unuia dintre participanți, pentru întreruperea psihokinetică a electromagnetismului inamicului.

În 2002, Michael Persinger, specialist în neuroștiințe, a publicat un studiu despre capacitățile de vedere la distanță ale lui Ingo Swann, participant la proiectul Stargate, trăgând concluzia că aceste capacități au dat rezultate pozitive, care pot fi corelate cu procese neurofiziologice și cu evenimente psihice; mai mult, vederea la distanță poate fi îmbunătățită prin aplicarea de câmpuri magnetice în creierul subiectului.[4]

În 2012, Targ a publicat o carte, *The Reality of ESP: A Physicist's Proof of Psychic Phenomena*, în care își documentează cercetarea științifică în acest domeniu de-a lungul mai multor decenii, inclusiv date declasificate din proiectul Stargate. Printre exemplele sale se numără cazul lui Pat Price, un fost comisar de poliție care a desenat la scară, cu mare precizie, o fabrică sovietică de armament din Semipalatinsk, a cărei existență a fost confirmată mai târziu de fotografii din satelit, și cel al grupului său, care în 1982 a câștigat 120.000 de dolari prezicând timp de nouă săptămâni la rând oscilațiile de pe piața de tranzacții de mărfuri la termen.

Targ crede că astfel de fenomene paranormale pot fi parțial explicate prin conceptele de non-localizare și de corelare cuantică din mecanica cuantică și că sunt legate de străvechea intuiție mistică conform căreia Sinele conștiinței pure este același lucru cu realitatea fundamentală a Conștiinței Cosmice.[i] Deși

[i]) Vezi pagina 564.

puțini oameni posedă în mod natural capacități parapsihice puternice, Targ consideră că percepția extrasenzorială poate fi învățată.[5]

În cartea sa din 1997 *The Noetic Universe: The Scientific Evidence for Psychic Phenomena*[6] (publicată în SUA sub titlul *The Conscious Universe*), Dean Radin, cercetător principal la Institute of Noetic Sciences, dă alte exemple, așa cum o face și în cartea sa din 2006 *Entangled Minds*[7], în care împărtășește credința lui Targ potrivit căreia corelarea cuantică poate explica fenomenele paranormale. Radin susține că cele mai multe dintre comunitățile științifice de astăzi refuză să accepte dovezile solide ale energiei parapsihice, din cauza erorii confirmării, un termen psihologic care se referă la faptul că dovezile care susțin convingeri preexistente sunt percepute ca plauzibile, în timp ce dovezile care contrazic convingerile preexistente sunt percepute ca neplauzibile și din această cauză sunt considerate greșite sau falsificate.

Într-adevăr, cei mai mulți oameni de știință resping existența energiei parapsihice ca fenomen. Totuși, hipnotismul este o comunicare intenționalăde la o minte la alta, mediată prin comunicarea verbală între emițător și receptor. Îi induce receptorului o relaxare fizică profundă și o stare de conștiință modificată, corelată cu modificări în funcționarea creierului. În această stare modificată, mintea receptorului răspunde la sugestii ale emițătorului, care produc modificări mentale, precum eliberarea de anxietate, și modificări fizice, precum eliberarea de durere. Numeroase experimente științifice au confirmat efectele sale[8], iar începând din anii '90 hipnoterapia a fost adoptată de medicina ortodoxă în țările dezvoltate științific ca un tratament eficient al anumitor afecțiuni.[9]

Mai mult, în 2014 fizicianul teoretician Giulio Ruffini și o echipă multidisciplinară internațională au demonstrat transmiterea informației direct de la un creier la altul, la mare distanță, fără folosirea simțurilor.

Echipa a dezvoltat tehnici recente de realizare a unor interfețe creier–computer prin care mai mulți electrozi atașați pe scalp înregistrează curenții electrici atunci când subiectul are un anumit gând, de exemplu dorește să miște un braț robotic sau să controleze o dronă. În acest caz, ținta era un alt om. Gândurile emițătorului au fost traduse într-un cod binar prin intermediul unei electroencefalograme conectate la internet și au fost primite de doi receptori la o distanță de 8.000 de kilometri; cei trei purtau căști de stimulare magnetică transcraniană robotizată care le stimulau direct cortexul vizual. Subiecții receptori, legați la ochi, au raportat în mod corect flashuri luminoase în vederea periferică, care corespundeau mesajului.

Deoarece transmisia necesită activitate mentală intenționalăa emițătorului și receptorului, Ruffini o consideră un stadiu timpuriu al telepatiei mediate tehnologic și conchide că într-un viitor nu foarte îndepărtat va deveni o metodă larg răspândită de comunicare interumană de la minte la minte mediată tehnologic.[10]

Unii susținători și practicanți ai diverselor tipuri de energie parapsihică se feresc totuși de metoda științifică, pe care o consideră neadecvată, deoarece experiența subiectivă, nu testarea obiectivă constituie esența ei.

Mulți practicanți ai energiei parapsihice din secolul al XIX-lea au căzut în plasa superstițiilor și, drept consecință, știința le-a respins ulterior afirmațiile; dar același lucru s-a întâmplat cu primii practicanți ai celor mai multe discipline științifice, precum chimia. Nu este mai justificat să respingi posibilitatea existenței unei energii parapsihice decât să respingi posibilitatea existenței unei noi teorii testabile capabilă să înlocuiască teoria cuantică sau teoria relativității, deoarece astfel de încercări din ultimii treizeci de ani au eșuat, în ciuda investițiilor mult mai mari decât cele alocate investigării energiei parapsihice.

Mai mult, majoritatea cosmologilor se mulțumesc să presupună existența unei misterioase energii întunecate care reprezintă mai mult de două treimi din univers, în timp ce alte interpretări ale unui fenomen, alte ipoteze și alte modele cosmologice contrazic existența ei.[i]

În viitor ar putea fi descoperite și validate noi forme de energie, așa cum s-au descoperit și în trecut. Este rezonabil să presupunem că un candidat pentru o nouă formă de energie ar putea fi o energie asociată cu dezvoltarea conștiinței reflexive, constatată empiric, și cu complexificarea corespunzătoare, adică o energie mentală sau psihică neobișnuită.

Știința deficitară

Puterea explicativă a științei este limitată atunci când afirmațiile pretins științifice contrazic un principiu de bază al științei sau metodele sale. Granița dintre știință și știința defectuoasă este adesea greu de trasat. Am sugerat mai sus că obiectivitatea în alegerea supozițiilor și în selectarea și interpretarea datelor este un ideal de neatins. Când subiectivitatea este redusă, avem de-a face cu știința de bună calitate, când este crescută, și mai ales atunci când este deliberată, avem de-a face cu știința deficitară. În această investigație am mai întâlnit alte câteva tipuri de știință defectuoasă.

Folosirea neadecvată a modelelor

Un model matematic sau computerizat poate fi extrem de util în construirea și rafinarea unei ipoteze care este apoi testată empiric. Însă confuzia dintre model și realitate are drept rezultat o știință deficitară.

Mai mult, presupunerea că o dovadă matematică constituie o dovadă științifică, atunci când nu se cunoaște o metodă prin care modelul poate fi testat empiric, este un exemplu de știință deficitară.[ii] Așa se întâmplă, de

[i]) Vezi pagina 110.
[ii]) Vezi pagina 62.

exemplu, cu diferitele „teorii“ ale corzilor și cu teoria M[i], sau cu afirmația că modelul gravitației cuantice cu bucle a stabilit existența unui univers anterior cu proprietăți specifice, care a intrat în colaps.[ii]

A introduce un parametru arbitrar sau un câmp scalar într-un model matematic și a-i modifica valoarea pentru a obține rezultatul dorit sau pentru a valida o teorie țin tot de știința deficitară. Modelul este lipsit de funcția predictivă.

Așa cum am menționat în capitolul 3, Einstein a introdus în ecuațiile de câmp ale relativității generale constanta cosmologică lambda (Λ) și i-a atribuit o valoare calculată în așa fel încât să producă un univers static. Apoi, și el, și alți fizicieni au scos lambda din ecuații, după ce au acceptat datele observaționale care arătau că universul se află în expansiune. Când au apărut probleme majore cu modelul de bază al Big Bangului, teoreticienii inflației au reintrodus constanta lambda, dar cu o valoare mult mai mare decât cea din ecuațiile lui Einstein și numai pentru o perioadă extrem de scurtă, pentru a produce densitatea de masă critică a unui univers care a ajuns la o expansiune extrem de mare, dar intră apoi într-o expansiune decelerată stabilă. Pentru a obține concordanța cu interpretarea pe care au dat-o radiației emise de supernovele de tip 1a, cosmologii au dat mai târziu o altă valoare constantei lambda, arbitrară și foarte diferită, arătând că de fapt expansiunea universului s-a accelerat după două treimi din existența sa; în acest caz, s-a spus că lambda reprezintă o energie necunoscută, pentru care nu există alte dovezi empirice, numită energie întunecată.[iii] Hoyle și colegii lui au dat o a patra valoare constantei lambda pentru a produce un univers care se extinde constant prin cicluri de expansiune și contracție de 50 de miliarde de ani.[iv]

În anii ’70, pentru a explica comportamentele animale și umane care contraziceau modelul neodarwinist, sociobiologii au adoptat modele de joc foarte simpliste utilizate în economie, care nu aveau nici o legătură cu realitatea biologică. Alegând arbitrar regulile jocului, parametrii și valorile acestor parametri, au produs rezultatele pe care le-au dorit.[v] Un joc economic diferit, cu un set diferit de alegeri, a produs rezultatul opus.[vi]

Afirmații care depășesc dovezile sau le contrazic

Încrederea în supoziții mai mult decât în evaluarea obiectivă a dovezilor produce afirmații exagerate. De exemplu, afirmația că sonda Wilkinson

---

i) Vezi pagina 100.
ii) Vezi pagina 84.
iii) Vezi pagina 69.
iv) Vezi paginile 85–89.
v) Vezi paginile 442–445.
vi) Vezi pagina 450.

Microwave Anistropy le-a dat cercetătorilor posibilitatea să discearnă între diferitele explicații a ceea ce s-a întâmplat în prima bilionime de secundă din existența universului se bazează pe o serie de supoziții nefondate empiric.[i]

Teoria paleontologică ortodoxă care spune că în ultimii 500 de milioane de ani au avut loc cinci evenimente majore de extincție în masă, împreună cu estimările privind procentajul speciilor dispărute în perioade scurte din punct de vedere geologic, depășește cu mult dovezile fosile, ca să nu mai vorbim de incertitudinile care marcau la vremea aceea definirea speciilor.[ii]

Bazându-se pe supoziția neodarwinistă referitoare la mecanismele evoluției morfologice, cei mai mulți biologi susțin că probele fosile mai complete ar evidenția modificări graduale. Totuși, această afirmație contrazice dovezile analizate de paleontologi, ce indică o stază morfologică cu modificări minore și adesea oscilante, punctate de apariția geologică bruscă a unor noi specii, care apoi rămân în esență neschimbate până când dispar din registrul fosil sau se păstrează până în prezent, ca „fosile vii".[iii]

Spre deosebire de întemeietorii neodarwinismului, majoritatea neodarwiniștilor de astăzi neagă faptul că evoluția biologică ar prezenta un tipar de complexificare progresivă, în ciuda dovezilor copleșitoare, deoarece aceasta ar contrazice fie cauza evoluției biologice pe care o susțin ei, fie teoria conform căreia toate speciile sunt egale.[iv]

Selecția părtinitoare a datelor

Atunci când datele sunt selectate în mod părtinitor, pentru a susține o teorie sau o ipoteză anume, avem de-a face cu știința deficitară.

În capitolul 6 am văzut că unul dintre cei mai importanți autori ai teoriei corzilor, atunci când a încercat să explice de ce universul are forma pe care o are astăzi, nu a luat în discuție și datele nefavorabile teoriei sale.[v]

În disputa cu privire la natura urmelor minuscule de carbon găsite în roci străvechi, considerate fie cele mai vechi urme fosile ale vieții pe Pământ, fie depozite anorganice, unul dintre oponenți a fost acuzat de o fostă studentă de-a sa că nu a ținut seama de criticile ei în legătură cu selectarea dovezilor.[vi]

Grupul care a revizuit cercetările din ultimii 20 de ani privind cauzele extincției în masă a speciilor, despre care se crede că a avut loc în urmă cu 65 de milioane de ani (extincția cretacic-terțiar), susținea explicația orto-

---

i) Vezi pagina 114.
ii) Vezi pagina 349.
iii) Vezi pagina 353.
iv) Vezi paginile 409–417.
v) Vezi paginile 116–117.
vi) Vezi pagina 257.

doxă a căderii unui asteroid de dimensiuni mari în peninsula Yucatan din Mexic. Totuși, unii cercetători i-au acuzat pe membrii grupului că au interpretat greșit descoperirile, în timp ce alții i-au acuzat că au neglijat o mare parte dintre dovezile care nu erau în concordanță cu concluziile lor.[i]

Metodologia deficitară

Experimentele lui Bernard Kettlewell din anii '50 și '60, menite să demonstreze selecția naturală prin schimbarea culorii moliei de mesteacăn în mediul industrial conțineau numeroase deficiențe care i-au subminat concluzia. Deși aceste deficiențe au fost descoperite în 1998, cercetările sale sunt încă larg folosite drept dovezi ale neodarwinismului.[ii]

O lucrare de referință din 1987 a folosit ADN-ul mitocondrial pentru a reconstitui genealogia omului dintr-o femeie care a trăit în urmă cu 200.000 de ani în Africa, botezată Eva mitocondrială. Metodologia a fost mai târziu contestată din diverse motive, printre care selectarea probelor și programul informatic folosit. Totuși, concluziile acestei lucrări sunt citate în continuare.[iii]

Perpetuarea teoriilor deficitare

Perpetuarea unei teorii contrazise de dovezile empirice contravine unui principiu de bază al metodologiei științifice. Ea se bazează, de obicei, pe alegerea supozițiilor și este susținută apoi printr-o selecție și interpretare a datelor care se îndepărtează semnificativ de obiectivitate doar pentru a justifica teoria. Am văzut în capitolul 12 că teoria geologică ortodoxă, care explică aspectul suprafeței Pământului prin încrețirea scoarței terestre, a rămas în vigoare mai mult de cincizeci de ani, în ciuda numărului tot mai mare de dovezi care susțineau teoria derivei continentelor (ulterior dezvoltată sub forma teoriei plăcilor tectonice).[iv]

În ultimii circa treizeci de ani, explicația ortodoxă pentru apariția primelor forme de viață independente pe Pământ susține că energia provenind de la Soare și probabil de la alte surse a provocat reacții aleatorii în supa apoasă de molecule conținând cel mult 13 atomi, care au condus în timp la selecția de molecule autoreplicabile de ARN. Cu toate acestea, nu numai că experimentele făcute pentru a demonstra această idee au eșuat, cel mai probabil din rațiuni de ordin chimic, după cum susțin mai mulți cercetători, dar probabilitatea ca astfel de reacții aleatorii să producă molecule de asemenea dimensiuni și complexitate este aproape nulă.[v]

---

[i]) Vezi paginile 351–352.
[ii]) Vezi paginile 369–370.
[iii]) Vezi pagina 510.
[iv]) Vezi paginile 214–216.
[v]) Vezi pagina 276.

Teoria ortodoxă privind evoluția biologică de la jumătatea secolului XX susține validitatea selecției naturale graduale, pe care o încorporează într-un model matematic al geneticii populațiilor. Totuși, în capitolele 17–23 am prezentat numeroase dovezi empirice care contrazic acest model neodarwinist, provenind din registrul fosil și din studierea unei game mult mai largi de specii din natură decât musculița de oțet și nematodele de laborator. Cu toate acestea, unul dintre principalii săi susținători afirma în 2006 că neodarwinismul nu mai este doar o teorie, ci un fapt stabilit.[i] Într-adevăr, marea majoritate a biologilor de astăzi echivalează fenomenul evoluției biologice (care se bazează pe dovezi convingătoare) cu modelul matematic neodarwinist și au tendința să trateze orice îndoială cu privire la neodarwinism drept un atac la realitatea evoluției biologice.[ii]

Aceste exemple și altele asemănătoare demonstrează că adesea teoriile iau forma rigidă a dogmelor, care sunt antiteza științei și îi limitează progresul. Un exemplu pentru mentalitatea gregară care se naște din dogme sunt cei 155 de biologi care au afirmat în articole din revista *Nature* că fondatorul sociobiologiei nu-și înțelege propriile teorii, după ce acesta a avut luciditatea și curajul de a publica un articol în care recunoaște că după patruzeci de ani respectivele teorii nu au adus progrese semnificative în explicarea comportamentului animal și uman.[iii]

Suprimarea teoriilor alternative

Progresul științific este limitat și mai mult atunci când susținătorii unei teorii care s-a transformat în dogmă împiedică sau chiar blochează încercările altora de a dezvolta sau de a publica teorii alternative.

În același an în care *Nature* a publicat dovezile acumulate timp de peste 50 de ani care demonstrau că teoria derivei continentelor explică fenomenele geologice mult mai bine decât teoria ortodoxă a încreșterii scoarței terestre, *Journal of Geophysical Research* a respins un articol similar al unui alt cercetător pe motiv că „nu este genul de studiu ce poate fi publicat sub auspicii științifice serioase".[iv]

În capitolul 5 am vorbit despre nemulțumirile legate de faptul că dominația adepților teoriei corzilor în comitetele care decid numirile academice și granturile în domeniul fizicii teoretice în SUA face foarte dificilă obținerea de finanțări pentru abordări alternative, deși timp de treizeci de ani conjecturile corzilor nu s-au bucurat de succes, iar unii dintre autorii lor se implică în practici dubioase pentru a suprima opiniile concurente.[v]

---

[i]) Vezi pagina 404.
[ii]) Vezi pagina 480.
[iii]) Vezi pagina 479.
[iv]) Vezi pagina 215.
[v]) Vezi pagina 101.

În capitolul 3 am văzut cum Fred Hoyle, susținător constant al teoriei stării de echilibru, a fost ostracizat de colegii săi, ceea ce l-a determinat să ia decizia aproape fără precedent de a demisiona din funcția de profesor la Cambridge.[i] Mai mulți astronomi de prestigiu au protestat împotriva faptului că diverse reviste academice au refuzat să publice interpretări ale datelor astronomice care contraziceau perspectiva ortodoxă, propusă, susțineau ei, de matematicieni teoreticieni, nu de astronomi. Mai mult, ei afirmă că au existat numeroase încercări reușite de a fi împiedicați să primească invitații la conferințe[ii] și că le este refuzat accesul la telescoape pentru testarea ipotezelor lor.[iii]

Capitolul 23 arată că nici cei care oferă alternative la modelul ortodox actual al evoluției biologice nu o duc mai bine. De exemplu, Lynn Margulis, autoarea teoriei simbiogenezei, a întâmpinat mari dificultăți în a-și publica rezultatele și chiar și după ce neodarwiniștii au acceptat, mai târziu, că explicația ei privind evoluția mitocondriilor și cloroplastelor în celulele eucariote este corectă și susținută de dovezi genetice, principalele reviste de știință și de biologie i-au refuzat în continuare articolele. Un neodarwinist de frunte a afirmat în 2011 pe site-ul său că a fost o nebunie din partea lui Margulis să-și profereze alternativa la modelul neodarwinist.[iv]

Osificarea în timp a celei mai bune teorii disponibile la un moment dat și transformarea ei în dogmă conduce la un răspuns defensiv în fața oricărei încercări de a fi pusă în discuție, caracteristic celor mai multe convingeri instituționalizate, iar știința a devenit inevitabil instituționalizată prin intermediul societăților sale de specialiști și departamentelor din universități, care-i pregătesc pe viitorii cercetători. Aproape toate instituțiile umane, precum partidele politice, guvernul sau religiile, răspund asemănător atunci când sunt provocate din interior sau din exterior, astfel încât rezistența la schimbare a cercetătorilor și profesorilor care susțin perspectiva științifică ortodoxă nu este surprinzătoare. Totuși, este de datoria membrilor unei instituții științifice să nu uite că ceea ce deosebește știința de partidele politice, de guverne sau de religii este angajamentul său de a folosi testarea empirică cât mai obiectiv posibil și de a modifica sau a respinge o teorie atunci când noile date o contrazic.

Frauda

În marea majoritate a cazurilor, lipsa de obiectivitate a oamenilor de știință în alegerea supozițiilor, în selectarea și în interpretarea datelor, perpetuarea

---

i) Vezi pagina 44.
ii) Vezi pagina 112.
iii) Vezi pagina 89.
iv) Vezi pagina 456.

teoriilor eronate și chiar suprimarea teoriilor alternative este motivată de rațiuni oneste, deși adesea greșite. Totuși, în această investigație am prezentat și cazuri de fraudă. Falsificarea fosilei omului de Piltdown nu a fost descoperită timp de patruzeci de ani, iar Reiner Protsch a falsificat sistematic datarea fosilelor sale timp de treizeci de ani.[i] În 2010, Universitatea Harvard l-a declarat pe Marc Hauser vinovat de falsificarea datelor din mai multe experimente privind comportamentul animal.[ii]

Totuși, acestea nu sunt doar exemple izolate de „uscături", cum sunt adesea prezentate în media. În 2009, Daniele Fanelli, de la Institutul de Studii ale Științei, Tehnologiei și Inovației al Universității din Edinburgh, a întreprins primul bilanț sistematic și prima meta-analiză a datelor unui sondaj referitor la relele practici științifice. A descoperit că aproape 2% dintre cercetători recunosc că au fabricat, au falsificat ori au modificat datele sau rezultatele cel puțin o dată – rele practici grave, după orice standard –, iar o treime dintre ei au recunoscut alte practici științifice discutabile. Când au fost întrebați despre colegii lor, 14% au spus că, după părerea lor, unii dintre cercetători falsifică datele, iar 72% au spus că probabil aceștia sunt implicați în alte practici de cercetare discutabile. Fanelii a conchis: „Având în vedere că aceste sondaje pun întrebări sensibile și au și alte limitări, pare probabil ca rezultatele să fie o estimare conservatoare a prevalenței reale a relelor practici științifice."[11]

Toate aceste observații nu au ca scop să discrediteze știința, care a revoluționat și a lărgit foarte mult cunoștințele noastre despre fenomenele naturale, ci să ne ajute să recunoaștem limitările din domeniul științei în ce privește apariția și evoluția omului de la originile universului.

LIMITĂRILE DOMENIULUI ȘTIINȚEI

Mulți oameni de știință și majoritatea adepților empirismului, pozitivismului, naturalismului, fizicalismului, materialismului sau materialismului eliminativ cred că nu există limitări ale domeniului științei.

Principalele argumente ale acestei convingeri sunt următoarele:

1. Nimic nu există în afară de lucrurile fizice și de interacțiunile dintre ele.
2. Știința este studiul empiric al lucrurilor fizice și al interacțiunilor dintre ele.
3. Ca atare, nu există limitări ale domeniului științei.

---

[i]) Vezi pagina 341.
[ii]) Vezi pagina 445.

Ca un corolar,

4. Dacă știința nu poate explica un fenomen acum, cel mai probabil o va face în viitor, atunci când vor fi disponibile date noi sau mai bune.

Validitatea concluziilor depinde de validitatea celor doua premise ale sale. Prima este evident invalidă, deoarece premisa în sine nu este un lucru fizic sau o interacțiune între lucruri fizice. Altfel spus, convingerea că nu există limitări ale domeniului științei nu poate fi testată prin observație sistematică sau prin experimente repetabile, astfel încât este o convingere falsă.

Știința și-a limitat domeniul la nivelul empiric pentru a-și diferenția metoda de investigație de cea a religiei, care caută răspunsuri considerate revelații de la Dumnezeu sau de la un zeu, și de cea a filozofiei, care caută răspunsuri prin intuiție și raționament. Voi arăta că există lucruri din afara domeniului limitat al științei pe care trebuie să le cunoaștem pentru a înțelege ce suntem și de unde venim. Printre acestea se numără experiențele subiective, conceptele și valorile sociale, conjecturile netestabile și unele probleme metafizice.

Experiențele subiective

Ca indivizi, suntem mai mult decât suma celulelor, moleculelor, atomilor și interacțiunilor dintre ele. Suntem modelați în mare măsură de ceea ce vedem, auzim, simțim, ne amintim, gândim și așa mai departe. Astfel de experiențe subiective, numite *qualia*, nu pot fi observate obiectiv sau experimentate prin nici o metodă științifică. Am vorbit despre ele în capitolul 29, unde citam exemplul dat de specialiștii în neuroștiințe V.S. Ramachandran și Colin Blakemore: un specialist în neuroștiințe care, deși s-a născut cu daltonism, ar putea să monitorizeze toate procesele fizico-chimice care apar atunci când un subiect se uită la un trandafir roșu, dar nu va fi niciodată capabil să experimenteze calitatea culorii roșii percepute de subiect.

Adepții reducționismului susțin totuși că pot face teste de vedere obiective. În 2012, o echipă de la Universitatea din California, Berkeley, a folosit imagistica prin rezonanță magnetică funcțională (fMRI) pentru a monitoriza activitatea neuronală a circa 30.000 de regiuni din cortexul cerebral a cinci bărbați adulți, în timp ce aceștia au urmărit timp de două ore clipuri video conținând 1.705 categorii de obiecte și acțiuni precum animale, clădiri și vehicule. Ei au descoperit că cei cinci bărbați prezintă hărți cerebrale asemănătoare, cu regiuni active care se intersectau, corespunzătoare fiecărei categorii.[12] Totuși, nu putem ști exact ce animale, clădiri sau vehicule văd subiecții atunci când sunt active respectivele regiuni decât dacă cercetătorul urmărește același clip video (precum în acest experiment) sau subiecții îi spun chiar ei cercetătorului ce văd.

Un alt exemplu: dacă în viitor un specialist în neuroştiinţe va fi capabil să monitorizeze activitatea fiecărui neuron din creierul unui subiect în timp ce acesta visează, el nu va putea totuşi să ştie sau să prezică ce visează exact subiectul şi nici să împărtăşească experienţa subiectului în cursul acelui vis.

În mod asemănător, ascultarea simfoniei *Jupiter* a lui Mozart nu se reduce la undele sonore care fac să vibreze timpanul şi care se transmit astfel prin căile fizico-chimice pentru a activa neuronii. Experienţa ascultării implică o mulţime de lucruri, precum senzaţia de plăcere, comparaţii cu interpretări ale altor orchestre, anticiparea următoarelor măsuri muzicale, amintiri din momentul în care ai ascultat ultima dată aceeaşi simfonie etc. Astfel de experienţe nu pot fi măsurate sau observate sistematic de observatori independenţi şi nu pot fi repetate. Toate aceste răspunsuri se combină oferindu-ţi o experienţă subiectivă, globală, unică.

Am conchis că unica trăsătură caracteristică numai speciei umane este gândirea reflexivă. În 2010, specialiştii în neuroştiinţe de la University College London au corelat capacitatea introspectivă cu structura unei mici regiuni din cortexul prefrontal. Totuşi, nu au găsit şi relaţia cauzală: această regiune s-a dezvoltat pe măsură ce am dobândit o tot mai bună capacitate de a reflecta asupra gândurilor noastre, sau oamenii au o mai bună capacitate introspectivă tocmai deoarece cortexul prefrontal este mai dezvoltat?[13] Şi mai important, testul obiectiv nu a arătat care erau exact acele reflecţii introspective.

Cu toate că neuroştiinţa reuşeşte cu mare succes să evidenţieze corelativele fizice ale multor lucruri nonfizice, este o greşeală fundamentală să facem confuzia între corelativele fizice ale experienţei subiective şi experienţa subiectivă în sine.

Unele experienţe subiective, precum faptul de a te simţi inspirat de un profesor, a te îndrăgosti, a asista la o naştere sau la un deces ori a realiza un obiectiv important, îţi pot determina hotărâtor individualitatea.

Conceptele şi valorile sociale

Noi, oamenii, nu suntem numai nişte indivizi; orice om este în acelaşi timp membru al mai multor societăţi. Conştiinţa reflexivă îi conferă omului capacitatea de a gândi şi a raţiona, iar unei societăţi umane, capacitatea de a dezvolta concepte şi valori sociale. Pentru a da numai un exemplu, o societate umană poate să dezvolte conceptul de război drept. Politologii şi sociologii pot studia sistematic felul în care se materializează conceptul (de exemplu declaraţia de război a Angliei împotriva Germaniei din 1945), dar conceptul în sine şi valorile etnice asociate cu el ţin de domeniul filozofiei, nu de cel al ştiinţei.

Ideile netestabile

După cum am văzut în capitolele 4–7, nici actuala explicație științifică ortodoxă a universului, Big Bangul fierbinte, nici conjecturile alternative nu oferă o explicație testabilă empiric cu privire la originea universului, și implicit cu privire la originea materiei și energiei din care suntem alcătuiți. Este aproape sigur că știința nu are capacitatea de a oferi această explicație.

Unele explicații ale evoluției noastre considerate științifice implică existența altor universuri, cu care nu avem nici un fel de contact, de exemplu diversele conjecturi ale multiversului examinate în capitolul 7.[i] Dacă nu avem contact cu ceva, nu putem să-l testăm sistematic prin observație și prin experimente repetabile. Astfel de conjecturi pot fi plauzibile și, după câte știm, e posibil ca una dintre ele să fie chiar adevărată. Totuși, ele se află în afara domeniului științei așa cum o înțelegem astăzi.

Probleme metafizice

Științele naturale explică și prezic multe fenomene naturale aplicând legile fizice și chimice care determină interacțiunile dintre lucrurile fizice. Dar știința nu poate explica esența acestor legi. Așa cum spunea matematicianul și cosmologul George Ellis, a numi o anumită interacțiune „forță gravitațională" ne ajută să prezicem ce se va întâmpla, dar nu ne spune și *cum* reușește materia să exercite o forță de atracție asupra materiei aflate la mare distanță; și a o reboteza „efectul câmpului gravitațional" nu schimbă cu nimic această situație.[14]

E important să înțelegem că știința nu ne poate spune ce anume a făcut ca aceste legi să existe. Newton credea că au fost create de Dumnezeu, în timp ce Einstein credea că au avut drept cauză o putere inteligentă transcendentă.

O ALTĂ POSIBILĂ LIMITARE

În sfârșit, poate că avem de-a face cu o limitare nu atât a științei în sine, cât a minții umane. Există oare o realitate pe care oamenii nu o pot înțelege, așa cum rocile nu pot înțelege că Soarele asigură lumina și căldura, iar cimpanzeii nu pot înțelege găurile negre?

---

[i]) Vezi pagina 133.

CAPITOLUL 33

Reflecții și concluzii asupra evoluției omului ca proces cosmic

> Toate aspectele realității sunt supuse evoluției, de la atomi și stele până la pești și flori, de la pești și flori până la societăți umane și valori – de fapt [...] întreaga realitate este un singur proces de evoluție. — Julian Huxley, 1964

REFLECȚII

Am început această investigație cu mintea deschisă, în dorința de a afla ce ne poate spune știința despre ce suntem noi, oamenii, cum am evoluat, nu numai de la cele mai simple forme de viață de pe Pământ, dar și de la originile materiei și energiei. Cu cât am aflat mai multe lucruri, cu atât am realizat cât de multe lucruri nu cunoaștem. Refuzul de a recunoaște cât de neștiutori suntem este probabil de înțeles în cazul oamenilor de știință interesați doar de cele mai noi descoperiri din domeniul lor de specializare restrâns. Dar este poate mai greu de înțeles în cazul celor care, susținând o anumită teorie, au transformat-o într-o convingere de nezdruncinat.

În capitolul 32 am prezentat pe de o parte limitările cunoașterii noastre din interiorul domeniului științei și pe de altă parte limitările domeniului științei. Știința face deosebire între explicația științifică și celelalte tipuri de explicații încercând să înțeleagă și să descrie fenomenele naturale prin observații și experimente sistematice și de preferat măsurabile, pentru ca, pe baza acestor date, să formuleze legi utile pentru predicții și retrodicții.

Actuala explicație ortodoxă a cosmologiei cu privire la originea materiei și energiei din care suntem alcătuiți nu se încadrează în domeniul științei.

Modelul de bază al Big Bangului este contrazis de dovezi observaționale. Cele două modificări majore aduse acestui model pentru rezolvarea respectivelor contradicții au avut ca rezultat modelul inflaționar cu fluctuații cuantice al Big Bangului fierbinte, dar supoziția pe care se bazează aceste modificări – anume că universul pe care-l observăm este doar o foarte mică parte din întregul univers, despre care nu putem obține informații – nu este testabilă. Mai mult, aceste modificări produc un model lipsit de coerență logică internă, dacă se afirmă că Big Bangul este începutul a tot ce există,

sau un model care contrazice acest principiu de bază, dacă înainte de presupusul Big Bang ar fi existat un vid cuantic și un câmp de inflație.

Mai mult, pentru reconcilierea acestui model modificat cu interpretarea ortodoxă curentă a datelor observaționale sunt invocate misterioasa „materie întunecată" care constituie 27% din universul observabil, și o „energie întunecată" antigravitațională, încă și mai misterioasă, care constituie 68% din universul observabil. Acest model are probleme conceptuale serioase, la care se adaugă și faptul că nu putem considera că oferă o explicație convingătoare despre crearea materiei și energiei din nimic.

Alte ipoteze menite să modifice și mai mult sau să înlocuiască modelul ortodox sunt fie netestate, fie netestabile prin vreo metodă cunoscută. O disciplină empirică precum știința nu poate răspunde la întrebarea dacă universul este etern sau nu.

Având în vedere datele empirice, putem presupune în mod rezonabil că am evoluat din energia primordială în forme de viață pe bază de carbon, mobile, cu comportament sofisticat și dotate cu cel mai complex lucru din universul cunoscut: creierul uman. Totuși, această evoluție a fost posibilă numai datorită faptului că interacțiunile practic nelimitate ale materiei și energiei au fost constrânse de o serie de legi fizice și chimice și de reglajul fin a șase parametri cosmologici, două constante fără dimensiuni și trei parametri ai nucleosintezei. Mai mult, această evoluție a necesitat o planetă cu un interval de variație a masei limitat, unde se găsesc toate substanțele chimice necesare și care ocupă un loc bine delimitat într-o galaxie și un loc bine delimitat într-un sistem solar unde a primit exact tipul adecvat de energie, în cantitate suficientă, timp de câteva miliarde de ani, fiind protejată de radiațiile de energie fatale și de ciocniri cu comete și alte fragmente din spațiu.

Știința, o disciplină empirică, nu poate explica ce anume a cauzat existența acestor legi fizice și chimice, de ce acești parametri au valorile critice respective și de ce a existat pe planeta Pământ un concurs de factori extrem de improbabili și neobișnuiți, care, conjugați, au produs condițiile necesare evoluției noastre. (Conjecturile multiversului sunt doar speculații netestabile, iar cele mai multe se bazează pe o logică discutabilă.[i]) Iar fără aceste cunoștințe lanțul cauzal care a dus la apariția și evoluția oamenilor este incomplet.

Deși ne poate oferi informații despre corelativele fizice ale diferitelor noastre experiențe subiective, știința nu ne poate spune nimic despre esența acestor experiențe. Ele se combină global pentru a ne oferi fiecăruia dintre noi un simț unic care modelează în mare măsură ceea ce suntem la nivel individual. De asemenea, știința nu ne poate spune nimic despre esența

[i]) Vezi pagina 133.

unor concepte precum valorile cu ajutorul cărora oamenii se integrează într-o societate.

În cadrul domeniului științei există, în mare, două tipuri de limitări: permanente și temporare. Cele din urmă vor fi depășite pe măsură ce știința va progresa, furnizând noi date și noi teorii. Dar unele limitări, precum pierderea ireparabilă a unor date, sunt permanente.

Cu toate acestea, în prezent știința ne oferă deja informații fundamentale despre ce suntem și de unde venim. Mai mult decât atât, dovezile prezintă un tipar general.

CONCLUZII

Constatările din primele trei părți ne conduc la următoarele concluzii:

1. Este aproape sigur că știința, o disciplină empirică, nu va fi niciodată capabilă să explice originea materiei și energiei din care suntem alcătuiți.
2. Materia-energie primordială conținea probabil o plasmă densă cu o energie foarte mare, care a pierdut energie (adică s-a răcit) pe măsură ce s-a extins și materia s-a condensat. Astfel, materia a devenit tot mai complexă. La scara universului observabil, plasma haotică s-a răcit și a format o ierarhie de structuri aflate în rotație – sisteme solare, galaxii, roiuri de galaxii, superroiuri și complexe de superroiuri – separate prin regiuni de vid, care alcătuiesc un întreg complex. La scară microscopică particulele elementare de materie s-au combinat și au format nucleele celor aproximativ 95 de elemente de origine naturală. Acestea s-au combinat cu electroni complexificându-se mai departe în atomi și apoi în moleculele cu până la 13 atomi descoperite până în prezent în spațiul cosmic și în meteoriți.
3. Viața a apărut pe suprafața uneia dintre aceste agregări de materie, planeta Pământ, care s-a format cu 4,6 până la 4 miliarde de ani în urmă din deșeurile materiale care orbitau în jurul Soarelui când acesta și-a început activitatea. Au fost propuse câteva conjecturi pentru a explica modul în care, la aproximativ o jumătate de miliard de ani de la formarea Pământului, moleculele lipsite de viață cuprinzând până la 13 atomi s-au combinat pentru a forma complexitatea, dimensiunea, structura schimbătoare și funcționarea celor mai simple forme de viață independente. Totuși, deoarece procesele geologice au distrus iremediabil dovezile, știința nu are capacitatea să explice apariția vieții, așa cum nu poate să explice nici apariția materiei.
4. Deși nu se poate stabili cu exactitate momentul la care a avut loc, apariția vieții – capacitatea unei entități închise de a răspunde la schim-

bări din interiorul ei și din mediul înconjurător, de a extrage energie și materie din mediu și de a converti energia și materia în activitate dirijată din interior, care include menținerea propriei existențe – marchează o modificare ce ține de natură, nu doar de grad, față de materia neînsuflețită.

5. Este foarte probabil, deși nu sigur, că viața a apărut o singură dată pe Pământ și că toate viețuitoarele de pe planetă au evoluat din acest eveniment unic.
6. Cel mai probabil, colaborarea activă a unora dintre primele forme de viață pentru supraviețuirea lor comună a condus la contopirea lor și a avut drept rezultat ramificarea vieții, cele mai multe dintre ramuri diversificându-se mai departe în specii din ce în ce mai complexe.
7. Speciile, tot mai numeroase, s-au răspândit pe suprafața pământului, ocupând habitate care au favorizat dezvoltarea unor mijloace specifice de supraviețuire și de reproducere. Ele au format un biostrat deasupra geosferei lipsite de viață.
8. Competiția pentru resurse, mutațiile genetice dăunătoare și schimbările bruște de mediu care au dus la pierderea habitatului favorabil au determinat tiparul dominant în rândul viețuitoarelor, extincția speciilor.
9. Colaborarea la nivelul genelor, genomurilor, celulelor, țesuturilor, organelor și organismelor a produs dezvoltarea unor specii mai complexe.
10. Ramura animală a fost caracterizată prin mobilitate, prin reproducere sexuată, care a sporit complexificarea, și printr-o tot mai accentuată centralizarea sistemului nervos, care astfel receptează și reacționează la stimulii interni și externi. Acești trei factori au făcut ca ramura animală să evolueze în linii evolutive divergente și uneori contopite.
11. Evoluția speciilor cu complexitate morfologică crescută și un sistem nervos centralizat s-au corelat cu dezvoltarea conștiinței acestor specii.
12. Cu o excepție, liniile evolutive supraviețuitoare au sfârșit în staza ultimei specii, cu unele modificări morfologice minore și reversibile, ca răspuns la schimbările reversibile ale mediului.
13. Acea unică excepție este specia umană, a cărei conștiință s-a dezvoltat până când a devenit conștientă de sine: membrii acestei specii nu numai că știu, dar știu că știu. Numai oamenii au capacitatea de a reflecta asupra lor înșiși și asupra cosmosului din care știu că fac parte.
14. Din cauza numărului extrem de mic de fosile și de dovezi de alte tipuri, este aproape sigur că știința nu va fi niciodată capabilă să explice cu siguranță unde, când, de ce și cum a avut loc apariția oamenilor. Probabil a avut loc în Africa, deși nu neapărat în estul Africii, și s-a

încheiat cu cel puțin 40.000 până la 10.000 de ani în urmă, posibil chiar mai devreme. A fost cauzată, cel mai probabil, de fluctuațiile climatice care au produs habitate fluctuante, stimulând creativitatea, inventivitatea și înțelegerea avantajelor cooperării pentru supraviețuire, în detrimentul competiției. Se poate ca în această schimbare evolutivă să fi jucat un rol și hibridizarea sau duplicarea întregului genom.

15. Se pare că avem aici un exemplu de emergență a sistemelor, în care interacțiunea dintre facultăți precum inventivitatea, creativitatea și comunicarea a dat naștere unei noi facultăți, de nivel superior, conștiința reflexivă, care a provocat apoi transformarea facultăților de nivel inferior și generarea de noi facultăți, precum imaginația, credința, limbajul, abstractizarea și moralitatea.
16. La fel ca și apariția vieții din materia neînsufletită, apariția conștiinței reflexive din conștiință, deși nu se cunoaște momentul precis la care a avut loc, a marcat o schimbare ce ține de natură, nu doar de grad. După aceea evoluția oamenilor a fost nu atât morfologică sau genetică, cât mai ales noetică: evoluția conștiinței reflexive.
17. Această evoluție noetică poate fi împărțită în trei etape care se întrepătrund: gândirea primitivă, gândirea filozofică și gândirea științifică. Gândirea primitivă, care a caracterizat 90% din existența omului, a apărut și a evoluat atunci când principalele scopuri erau supraviețuirea și reproducerea. Este caracterizată prin creativitate, inventivitate, imaginație și credințe.
18. Cu aproximativ 10.000 de ani în urmă, gândirea primitivă a dus la înțelegerea faptului că adaptarea habitatului la nevoile oamenilor este mai eficientă pentru supraviețuire decât traiul în grupuri mici, bazate mai ales pe relații de rudenie și aflate în permanentă mișcare și adaptare la schimbările habitatului. Inventarea agriculturii și a așezărilor umane agricole s-a asociat cu înțelegerea faptului că dezvoltarea acestora se poate realiza cel mai bine prin cooperare, care a avut drept rezultat schimbul de bunuri și idei cu alte așezări.
19. Totuși, pe măsură ce aceste așezări s-au dezvoltat și s-au extins, cooperarea a avut de înfruntat instinctul predominant al competiției agresive, înrădăcinat în istoria de milioane de ani a strămoșilor preumani. Acest instinct a condus la lupte pentru controlul așezărilor și al resurselor lor agricole și de altă natură. Rezultatele au fost centralizarea și colaborarea forțată.
20. Pe măsură ce s-au extins, așezările și-au dezvoltat ierarhii sociale care reflectau diverse categorii de abilități transmise de la părinți la copii și cuprindeau de obicei conducători, preoți, războinici, negustori,

meșteșugari, agricultori și sclavi. Aceste așezări au evoluat în orașe conduse autocratic, orașe-state și apoi imperii care au înflorit și au apus. Tiparul general pe întreaga planetă a fost extinderea, complexificarea și centralizarea societăților umane.

21. Evoluția gândirii primitive a fost strâns legată de evoluția credințelor care au apărut din imaginație și din lipsa de înțelegere a fenomenelor naturale sau teama de necunoscut, adică din superstiție. Din animism, totemism și cultul strămoșilor, caracteristice societăților de vânători-culegători, s-au dezvoltat religii care au reflectat creșterea în dimensiuni, complexitate și specializare a societăților umane sedentarizate. Religiile s-au dezvoltat de la adorarea unei zeițe a fertilității la politeism, apoi la un panteon condus de un zeu atotputernic, al cerului și al războiului, și în cele din urmă la un monoteism patriarhal în care ceilalți zei sunt subsumați unui singur Dumnezeu sau decăzuți la rangul de îngeri.
22. Religiile s-au răspândit atunci când au fost adoptate de imperii, în timp ce conducătorii autocrați ai imperiilor, până la Primul Război Mondial, au pretins că au un mandat divin, pentru a-și legitima și a-și consolida puterea.
23. Gândirea primitivă a fost aplicată pentru a crea tehnologii pentru supraviețuirea societăților umane și pentru a influența forțele supranaturale considerate răspunzătoare pentru soarta lor. Ea a produs primele forme de artă, muzică, limbaj vorbit și scris, matematică și astronomie.
24. Conștiința reflexivă le-a permis oamenilor să adapteze orice teritoriu de pe planetă ca habitat, rămânând în același timp o singură specie, care nu se încrucișează cu nici o alta.
25. Gândirea filozofică a apărut acum aproximativ 3.000 de ani – cam 10% din existența umană – în diverse locuri de pe planetă, și a servit pentru a găsi răspunsuri la întrebările introspective „ce suntem", „de unde venim?" și „cum ar trebui să ne comportăm?", fără invocarea spiritelor, a zeităților antropomorfice sau a unui Dumnezeu. Filozofii antici au folosit intuiția, rezultată de obicei din meditație disciplinată, și raționamentul, bazat pe observarea fenomenelor naturale sau pe supoziții considerare evidente. Această etapă a marcat căutarea cunoașterii în sine, nu doar a cunoașterii în vederea supraviețuirii și reproducerii.
26. Înțelepții din diverse culturi au împărtășit de obicei o înțelegere similară a faptului că toate lucrurile au o unitate fundamentală, într-o realitate fundamentală, inefabilă. Aceasta este cel mai bine descrisă

drept o conștiință sau inteligență cosmică transcendentă, care nu are formă și există în afara spațiului și timpului, dar este imanentă în fenomenele percepute de cele cinci simțuri fizice și de mintea noastră; esența fiecăruia dintre noi, distinctă de sinele nostru fenomenal, este identică cu acest întreg indivizibil. Mai mult, această realitate fundamentală guvernează funcționarea cosmosului, iar pentru a dobândi împlinirea trebuie să ne armonizăm viața cu ea.

27. Atunci când gândirea s-a interesat mai ales de felul în care ar trebui să ne comportăm unii față de alții, aproape toți filozofii antici, fie că foloseau intuiția sau raționamentul, au ajuns la concluzia că putem dobândi seninătatea și împlinirea numai printr-un comportament lipsit de egoism și tratându-i pe ceilalți așa cum am dori să fim tratați noi înșine. Această perspectivă contravenea tendinței obișnuite în societățile vremii către agresivitate, război și cucerire. Îndemnul lor de bază era cooperarea în detrimentul competiției pentru obținerea progresului umanității.
28. Gândirea filozofică a cunoscut cea mai importantă ramificare începând din secolul al XII-lea, când Occidentul a adoptat raționamentul ca unică metodă predată în universități. Raționamentul s-a ramificat în funcție de obiectul investigației, iar aceste ramuri s-au diversificat odată cu apariția diverselor școli de gândire. Intuiția avea mai degrabă un caracter ireductibil, iar ramificarea ține mai ales de școlile înființate pentru a interpreta intuițiile înțelepților.
29. Deși unele ramuri au rădăcini în vechime, gândirea științifică, a treia etapă a evoluției umane, a apărut pe parcursul a circa 150 de ani, începând de la mijlocul secolului al XVI-lea, sub forma unor încercări de a înțelege fenomenele naturale prin observații și experimente sistematice, de preferință măsurabile, cu ajutorul cărora au fost deduse legi testabile și au fost făcute predicții verificabile. Principalele sale ramuri au fost științele fizice, care studiau fenomenele lipsite de viață, științele vieții, care studiau ființele vii, și științele medicale, care au căutat să susțină supraviețuirea oamenilor. Studiile despre oameni și despre relațiile lor sociale au dus la dezvoltarea științelor sociale în secolul al XIX-lea.
30. Știința a contrazis multe credințe superstițioase și conjecturi filozofice cu privire la fenomenele naturale. Totuși, apariția sa nu a dus la respingerea superstiției. Aceasta se înrădăcinase de zeci de mii de ani, iar cei mai mulți pionieri ai gândirii științifice au păstrat credințele superstițioase. În plus, ei credeau că legile naturale pe care au căutat să le descopere au fost create de Dumnezeu.

31. Etapa gândirii științifice ocupă mai puțin de 2% din existența umană, dar în această perioadă evoluția umană s-a accelerat și mai mult. Susținută de inventarea unor tehnologii din ce în ce mai sofisticate, gândirea științifică a produs o creștere geometrică a cunoștințelor noastre despre ceea ce suntem din punct de vedere fizic, originile noastre, universul din care facem parte și relațiile dintre noi.
32. Știința s-a ramificat într-un număr tot mai mare de domenii foarte specializate, astfel încât s-a creat o prăpastie de comunicare între specialiști, cărora le e greu să mai vadă imaginea de ansamblu sau să se angajeze într-un dialog semnificativ, în afară de cazurile în care domeniile lor se intersectează. Hiperspecializarea a întreținut credința în reducționism ca unică metodă științifică, precum și credința în fizicalism, ceea ce este lipsit de logică, deoarece o convingere nu este un lucru fizic sau o interacțiune între lucruri fizice.
33. Cu câteva sute de ani în urmă, tehnologia care a făcut posibilă investigarea fenomenelor neobservabile a contribuit la cea de-a doua revoluție științifică în fizică. Mecanica cuantică a dezvăluit un domeniu submicroscopic de indeterminări, corelări cuantice și interdependențe care contrastează cu determinismul fizicii clasice sau newtoniene a primei revoluții științifice. Mulți dintre pionierii săi au sugerat că modelele sale matematice predictive și validate empiric necesită conștiința pentru a determina materializarea fenomenelor fizice. Unii dintre ei au împărtășit viziuni globale asemănătoare cu intuițiile antice privind existența unei conștiințe sau inteligențe cosmice transcendente, care se manifestă în fenomenele fizice percepute de simțurile și mintea noastră și care guvernează interacțiunile acestor fenomene interdependente.
34. Începând de la mijlocul secolului XX fizicienii au căutat din ce în ce mai mult să demonstreze că toată materia și energia – adică toate fenomenele fizice – sunt manifestări de joasă energie ale unei singure energii prezente de la începutul universului. Această tendință convergentă a științei fundamentale, în opoziție cu tendința divergentă a științelor de până atunci, este la rându-i consonantă cu intuiția antică a unei energii fundamentale care stă la baza tuturor lucrurilor.
35. Depășind pragul conștiinței reflexive, oamenii au dezvoltat o natură duală. Moștenirea instinctului pentru competiție agresivă și pentru colaborare forțată a început să fie contracarată de reflecție, care a dus la cooperare pașnică și la altruism. Această nouă tendință s-a accentuat treptat în cursul celor trei etape întrepătrunse ale evoluției umane, în timp ce instinctul și-a pierdut treptat întâietatea.

36. Abia de la mijlocul secolului XX – adică cel mult un sfert de procent din întreaga existență a omului –, tendința către cooperare și altruism a început să aibă un impact planetar asupra societăților umane, manifestat prin apariția organizațiilor supranaționale și globale care cooperează în scopuri pașnice, umanitare, științifice și educative.
37. Datorită progreselor științifice și tehnologice din această scurtă perioadă a istoriei existenței umane, a apărut înclinația către globalizare, asociată tendinței convergente, atât la nivel fizic, cât și la nivel noetic, adică prin gândire reflexivă. Spre deosebire de răspândirea globală a diverselor societăți umane care ocupau diferite habitate de pe planetă, acum, cel puțin în societățile avansate științific, aflate în avangarda evoluției umane, oamenii folosesc întregul glob drept habitat. Un aspect și mai important este intensificarea comunicării aproape instantanee dintre ei, printr-un număr tot mai mare de rețele electronice globale care au dus la o intensificare și mai mare a gândirii.
38. În acest fel s-a dezvoltat un strat noetic sau mental, care a evoluat din biostrat, care a evoluat din geosferă, care a evoluat, în sfârșit, din energia primordială.
39. Rata acestui proces evolutiv cosmic a crescut exponențial, stadiul lipsit de viață măsurând între 10 și 20 de miliarde de ani, stadiul biologic, în jur de 3,5 miliarde de ani, iar stadiul uman, zeci de mii de ani; etapa gândirii filozofice a ocupat aproximativ 3.000 de ani, cea a gândirii științifice, în jur de 450 de ani, iar globalizarea și convergența către vârful evoluției umane a început de cel mult 65 de ani.

Răspunsul scurt la întrebarea „ce suntem?“ este că, după câte știm până în prezent, suntem produsul încă nedesăvârșit al unui proces evolutiv cosmic accelerat, caracterizat prin colaborare, complexificare și convergență, și în același timp, datorită conștiinței reflexive, agenții evoluției noastre viitoare.

PARTEA ÎNTÂI

Capitolul 2

1. Pentru traduceri am folosit *Rig Veda*, 1896 și *Upanișadele*, 1987.
2. Pentru multe dintre miturile relatate în acest capitol am folosit Sproul, 1991 și Charles H. Long, „Mitul creației", *Encyclopædia Britannica Online*, 2014.
3. Graves, 1995, p. 27.
4. Sproul, 1991, pp. 19–20.
5. Vezi Subhash C. Kak, „Archaeoastronomy and Literature", *Current Science*, nr. 73/7, 1997, pp. 624–627. Această echipă este formată din universitari indieni care pun sub semnul îndoielii ceea ce ei văd drept o tradiție colonială victoriană de interpretare.
6. Finkelstein, Silberman, 2001.
7. The Revised English Bible, 1989, Geneză 1:1.
8. The Holy Qur'an, 1938, Sura 7:54 și Sura 41:9–12.
9. Buddha, 1997.
10. Conform unui studiu realizat între 21 și 22 aprilie 2005 de Rasmussen reports.
11. Calculul lui Ussher este prezentat în Gorst (2001). Pentru date contemporane care susțin această afirmație, vezi cele prezentate de Creation Science Association și site-ul lor web: www.csama.org.
12. Vezi, de exemplu, Kitcher, 1982; Futuyama, 1983.
13. Sproul, 1991, p. 17.
14. *Ibid.*, p. 6.
15. *Ibid.*, p. 4.
16. *Ibid.*, p. 10.
17. *Ibid.*, p. 29.
18. Reanney, 1995, p. 99.
19. Finkelstein, Silberman, 2001.
20. Citat în Stephen D. Snobelen, „God of Gods and Lord of Lords: The Theology of Isaac Newton's General Scholium to the Principia", *Osiris*, nr. 16, 2001, pp. 169–208.
21. Vezi anexa care tratează despre credința religioasă a lui Darwin în Charles Darwin, 1929.
22. Einstein, 1949.
23. Schrödinger, 1964.

24. Vezi Krishnamurti, Bohm, 1985, 1986, 1999.
25. http://www.cnn.com/2007/US/04/03/collins.commentary/index.html, accesat la 6 februarie 2008.

Capitolul 3

1. Geoffrey Burbidge, „Quasi-Steady State Cosmology", http://arxiv.org/pdf/astro-ph/0108051, 2001, accesat la 29 decembrie 2006.
2. André K.T. Assis, Marcos C.D. Neves, „History of the 2.7 K Temperature Prior to Penzias and Wilson", *Apeiron*, nr. 2, 1995, pp. 3, 79–87.
3. Vezi, de exemplu, Bryson, 2004, pp. 29–31.
4. Burbidge, 2001.
5. Maddox, 1998, pp. 33–34.
6. William A. Fowler, „Autobiography", 1983, Nobel Foundation, http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1983/fowler-autobio.html, accesat pe 31 octombrie 2007.
7. Magueijo, 2003, pp. 79–85.
8. *Ibid.*, pp. 109–111; Linde, 2001.
9. Guth, 1997, pp. 213–214.
10. Magueijo, 2003, pp. 94–98.
11. Guth, 1997, p. 186.
12. Linde, 2001.
13. Alan Guth, Paul Steinhardt, „The Inflationary Universe", *Scientific American*, nr. 250, 1984, pp. 116–128.
14. Linde, 2001.
15. Roger G. Clowes *et al.*, „A Structure in the Early Universe at Z ~ 1.3 That Exceeds the Homogeneity Scale of the R-W Concordance Cosmology", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, ianuarie 2003.
16. I. Horváth *et al.*, „Possible Structure in the GRB Sky Distribution at Redshift Two", *Astronomy & Astrophysics*, 561 id. L12, 4pp., http://arxiv.org/abs/1401.0533v2, 2014, accesat la 29 august 2014.
17. Hawking, 1998, p. 46.
18. Guth, 1997, p. 87.
19. *Ibid.*, pp. 238–239.
20. Braibant *et al.*, 2012, pp. 313–314.
21. Rowan-Robinson, 2004, pp. 89–92.
22. *Ibid.*, p. 99.
23. Geoffrey Burbidge, Fred Hoyle, „The Origin of Helium and the Other Light Elements", *The Astrophysical Journal*, nr. 509, L1–L3, 1998; Burbidge, 2001.
24. Linde, 2001.
25. Guth, 1997, p. 186.
26. *Ibid.*, p. 250.
27. *Ibid.*, pp. 278–279.
28. *Ibid.*, p. 286.
29. Kyle Alspach, „Guth, Linde Win Gruber Cosmology Prize", *Science & Technology News*, 1 mai 2004, pp. 1, 3.
30. P.A.R. Ade *et al.*, „Detection of β-Mode Polarization at Degree Angular Scales by BICEP2", 2014, http://arxiv.org/pdf/1403.3985, accesat la 18 martie 2014.
31. Ron Cowan, „Big Bang Finding Challenged", *Nature*, nr. 510, 2014, p. 20.
32. Peter Coles, „Inside Inflation: After the Big Bang", *New Scientist Space*. Special Report, 3 martie 2007, http://space.newscientist.com.libproxy.ucl.ac.uk/article/mg19325931.400;jsessionid=CCHNEIPIDDIE, accesat la 2 aprilie 2007.

33. Rowan-Robinson, 2004, p. 101.
34. Ellis, 2007, S.5.
35. Maddox, 1998, p. 55.

Capitolul 4

1. Rodgers, Peter, „Where Did All the Antimatter Go?“, *Physics World*, 2001, http://physicsweb.org/articles/world/14/8/9, accesat la 12 iunie 2006.
2. Ellis, 2007, S.2.3.6.
3. Bruno Leibundgut, Jesper Sollerman, „A Cosmological Surprise: The Universe Accelerates“, *Europhysics News*, 32 (4), 2001http://www.eso.org/~bleibund/papers/EPN/epn.html, accesat la 10 februarie 2007; Adam Riess, „Dark Energy“, *Encyclopædia Britannica Online*, 2014, http://www.britannica.com/EBchecked/topic/1055698/dark-energy, accesat la 19 februarie 2014.
4. George Ellis, „Physics Ain't What It Used to Be“, *Nature*, nr. 438/7069, 2005, pp. 739–740.
5. Martin Kunz *et al.*, „Model-Independent Dark Energy Test with Sigma [Sub 8] Using Results from the Wilkinson Microwave Anisotropy Probe“, *Physical Review D (Particles, Fields, Gravitation, and Cosmology)*, 2004, nr. 70/4, 041301.
6. David Shiga, „Is Dark Energy an Illusion?“, 30 martie 2007, http://www.newscientist.com/article/dn11498-is-dark-energy-an-illusion.html#.U5GjRSj5hhI.
7. Ruth Durrer, „What Do We Really Know About Dark Energy?“, *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, nr. 369/1957, 2011, pp. 5102–5114.
8. Richard Lieu, „ΛCDM Cosmology: How Much Suppression of Credible Evidence, and Does the Model Really Lead Its Competitors, Using All Evidence?“, 2007, http://arxiv.org/abs/0705.2462.
9. Ellis, 2007, S.2.3.5.
10. Lawrence M. Krauss, „What Is Dark Energy?“, *Nature*, nr. 431, 2004, pp. 519–520.
11. Toman, 1987.
12. Guth, 1997, pp. 9–12 și 289–296.
13. Edward P. Tryon, „Is the Universe a Vacuum Fluctuation?“, *Nature*, nr. 246, 1973, pp. 396–397.
14. Rees, 1997, p. 143.
15. Hawking, 1988, p. 129.
16. John Maddox, „Down with the Big Bang“, *Nature*, nr. 340, 1989, pp. 425–425.

Capitolul 5

1. Hawking, 1988, pp. 132–141.
2. Penrose, 2004, pp. 769–772.
3. Linde, 2001.
4. Citat în *Science & Technology News*, 1 mai 2004, p. 3.
5. Guth,1997, pp. 250–252.
6. Linde, 2001.
7. Arvind Borde, Alexander Vilenkin, „Eternal Inflation and the Initial Singularity“, *Physical Review Letters*, 72/21, 2004, pp. 3305–3308.
8. Magueijo, 2003.
9. John D. Barrow, „Einstein and the Universe“, 2005, *Gresham College Lecture*, Londra, 18 octombrie.
10. Smolin, 1998, pp. 112–132.
11. Abhay Ashtekar *et al.*, „Quantum Nature of the Big Bang: An Analytical and Numerical Investigation“, *Physical Review D (Particles, Fields, Gravitation, and Cosmology)*, 73/12, 2006, 124038.

12. Narlikar, Burbidge, 2008.
13. Ned Wright's Cosmology Tutorial at UCLA, 2004, http://www.astro.ucla.edu/~wright/stdystat.htm.
14. Lerner, 1992, updated on http://www.bigbangneverhappened.org/index.htm.
15. Riccardo Scarpa *et al.*, „UV Surface Brightness of Galaxies from the Local Universe to Z ~ 5", *International Journal of Modern Physics D*, 23/6, 2014, 1450058.
16. Steinhardt, comunicare privată, iunie 2007.
17. Paul J. Steinhardt, Neil Turok, „The Cyclic Model Simplified", Physics Department, Princeton University, 2004, http://www.phy.princeton.edu/~steinh/dm2004.pdf, accesat la 11 martie 2007.
18. Jonathan Leake, „Exploding the Big Bang", *The Sunday Times*, 20 august 2006, p. 14.
19. Steinhardt, comunicare privată, 9 martie 2007.
20. Steinhardt, 2004; 2007.
21. Steinhardt, comunicare privată, 12 martie 2007.
22. *Ibid.*
23. Steinhardt, comunicare privată, 30 aprilie și 7 mai 2007.
24. Steinhardt, comunicare privată, 20 august 2014.
25. Susskind, 2005.
26. Smolin, 2007, p. 105.
27. Magueijo, 2003, p. 239.
28. David Gross, „Viewpoints on String Theory", *WGBH*, 2003, http://www.pbs.org/wgbh/nova/elegant/view-gross.html, accesat la 15 august 2006.
29. Citat în Smolin, 2007, p. 154.
30. *Ibid.*, p. 107.
31. D. Friedan, „A Tentative Theory of Large Distance Physics", *Journal of High Energy Physics*, nr. 10, 2003, pp.1–98.
32. Smolin, 2007, p. 198.
33. Woit, 2006.
34. Smolin, 2007, p. 178.

Capitolul 6

1. Ellis, 2007, S.2.3.2.
2. Maddox , 1998, p. 36.
3. *Ibid.*, p. 27.
4. http://hubblesite.org/newscenter/archive/releases/1994/49/text/, accesat la 26 octombrie 1994.
5. http://www.nasa.gov/centers/goddard/news/topstory/2003/0206mapresults.html#bctop, 11 februarie 2003.
6. http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Science/Planck/Planck_reveals_an_almost_perfect_Universe, 21 martie 2013.
7. Rowan-Robinson, 2004, p. 163.
8. Alceste Bonanos *et al.*, „The First Direct Distance Determination to a Detached Eclipsing Binary in M33", *The Astrophysical Journal*, nr. 652, 2006, pp. 313–322.
9. Rowan-Robinson, 2004, p. 164.
10. Lerner, 1992, cu date și referințe extinse care se regăsesc la http://www.bigbangneverhappened.org/, accesat la 16 februarie 2014.
11. Ned Wright's Cosmology Tutorial at UCLA, 2003, http://www.astro.ucla.edu/~wright/lerner_errors.html#SC.
12. Ellis, 2007, S.4.2.2 și S.2.3.5.
13. „Quasar", *McGraw-Hill Encyclopedia of Science and Technology*; „Quasar", *The Columbia Electronic Encyclopedia, Sixth Edition*, accesat la 29 ianuarie 2008.

14. Rowan-Robinson, comunicare privată, 2007.
15. Burbidge, comunicare privată, 14 ianuarie 2008.
16. Arp, 1998.
17. Burbidge, comunicare privată, 14 ianuarie 2008.
18. Arp, Halton, C. Fulton, 2008, „A Cluster of High Redshift Quasars with Apparent Diameter 2.3 Degrees", http://arxiv.org/pdf/0802.1587v1, accesat la 28 februarie 2008.
19. Arp, comunicare privată la 18 și 25 februarie 2008.
20. P.K. Das, „Quasars in Variable Mass Hypothesis", *Journal of Astrophysics and Astronomy*, 18/4, 2007, pp. 435–450.
21. Singh, 2005, pp. 462 și 463.
22. Robin McKie, „Has Man Mastered the Universe?", *The Observer*, 26 aprilie 1992, pp. 8–9.
23. „Big Bang Brouhaha", *Nature*, 356/6372, 1992, p 731.
24. J.V. Narlikar *et al.*, „Inhomogeneities in the Microwave Background Radiation Interpreted within the Framework of the Quasi–Steady State Cosmology", *The Astrophysical Journal*, nr. 585/1, 2003, pp.1–11.
25. http://www.nasa.gov/home/hqnews/2006/mar/HQ_06097_first_trillionth_WMAP.html, 16 martie 2006.
26. Richard Lieu, Jonathan P.D. Mittaz, „On the Absence of Gravitational Lensing of the Cosmic Microwave Background", *The Astrophysical Journal*, nr. 628, 2005, pp. 583–593; Lieu, Richard, Jonathan P.D. Mittaz, „Are the WMAP Angular Magnification Measurements Consistent with an Inhomogeneous Critical Density Universe?", *The Astrophysical Journal Letters*, nr. 623, 2005, L1–L4.
27. David L. Larson, Benjamin D. Wandelt, „A Statistically Robust 3-Sigma Detection of Non-Gaussianity in the WMAP Data Using Hot and Cold Spots", *Physical Review D*, 2005, http://arxiv.org/abs/astro-ph/0505046, accesat la 25 mai 2007.
28. Kate Land, João Magueijo, „Examination of Evidence for a Preferred Axis in the Cosmic Radiation Anisotropy", *Physical Review Letters*, 2005, nr. 95, 071301.
29. Paul Steinhardt, comunicare privată, 20 martie, 2007.
30. http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Science/Planck/Planck_reveals_an_almost_perfect_Universe, 21 martie 2013.
31. George Ellis, „Physics Ain't What It Used to Be", *Nature*, 438: 7069, 2005, pp. 739–740.
32. Max Tegmark, „Parallel Universes", *Scientific American*, 1 mai 2003, http://www.sciam.com/article.cfm?articleID=000F1EDD-B48A-1E90-8EA5809EC5880000, accesat la 8 august 2006.
33. *Apud* Ellis, 2007, S.9.3.2.
34. *Ibid.*, S.9.3.2.
35. Davies, 1990, p. 10.

Capitolul 7

1. Pentru aceste diviziuni am folosit Ellis, 2007, S.9.3.3.
2. Max Tegmark, „Parallel Universes", *Scientific American*, 1 mai 2003, http://www.sciam.com/article.cfm, accesat la 8 august 2006.
3. Penrose, 2004, pp. 17–19 și 1027–1029.
4. Keith Ward, „Cosmology and Creation", *Gresham College lecture*, Londra, 17 noiembrie 2004.
5. Elgin, 1993, capitolul 13.
6. Smolin, 1998, p. 242.
7. Weinberg, 1994, p. 94.
8. Rees, 2000.
9. Smolin, 1998, p. 198.

10. *Ibid.*, p. 184.
11. http://www.accesstoinsight.org/ptf/dhamma/sagga/loka.html, accesat la 9 iunie 2014.
12. Tegmark, 2003.
13. Ellis, 2002, S.6.6.

Capitolul 8

1. Subhash C. Kak, „Indian Physics: Outline of Early History", 2003, http://arxiv.org/abs/physics/0310001v1, accesat la 30 septembrie 2005.
2. Griffiths, 1987, pp. 37–48.
3. Smolin, 1998, p. 65.
4. Rowan-Robinson, 2004, p. 99.
5. Lochner *et al.*, 2005.
6. Rowan-Robinson, 2004, pp. 26–42.
7. Guth, 1997, p. 238.
8. Paul Steinhardt, „Big Bang Blunder Bursts the Multiverse Bubble", *Nature*, 510/7503, 2014, p. 9.
9. O.J. Eggen *et al.*, „Evidence from the Motions of Old Stars That the Galaxy Collapsed", *Reports on Progress in Physics*, 136:748, 1962.
10. L. Searle, R. Zinn, „Compositions of Halo Clusters and the Formation of the Galactic Halo", *Astrophysical Journal*, nr. 225 (1), 1978, pp.357–379.
11. Michael Rowan-Robinson, „Dark Doubts for Cosmology", *New Scientist*, 1759, 1991, p. 30.
12. Will Saunders *et al.*, „The Density Field of the Local Universe", *Nature*, 349/ 6304, 1991, pp. 32–38.
13. David Lindley, „Cold Dark Matter Makes an Exit", *Nature*, 349/6304, 1991, p. 14.
14. Volker Springel *et al.*, „Simulations of the Formation, Evolution and Clustering of Galaxies and Quasars", *Nature*, 435/7042, 2005, pp. 629–636.
15. Springel *et al.*, 2005.
16. http://www.nasa.gov/home/hqnews/2006/aug/HQ_06297_CHANDRA_Dark_Matter.html, 21 august 2006.
17. Ellis, 2007, S 2.5.1, S 4.2.2 și S 4.3.1.
18. Marcus Chown, „Did the Big Bang Really Happen?", *New Scientist*, nr. 2506, 2005, p.30.
19. Springel *et al.*, 2005.
20. Roger Clowes *et al.*, „A Structure in the Early Universe at Z ~ 1.3 That Exceeds the Homogeneity Scale of the R-W Concordance Cosmology", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, ianuarie 2013.
21. Govert Schilling, „Planetary Systems: From a Swirl of Dust, a Planet Is Born", *Science*, 286/ 5437, 1999, pp. 66–68.
22. Derek Ward-Thompson, „Isolated Star Formation: From Cloud Formation to Core Collapse", *Science*, 295/5552, 2002, pp. 76–81.
23. A. Kashlinsky *et al.*, „Tracing the First Stars with Fluctuations of the Cosmic Infrared Background", *Nature*, 438/7064, 2005, pp. 45–50.
24. Ward-Thompson, 2002.
25. Martin J. Rees, „How the Cosmic Dark Age Ended", *Science*, 295/5552, 2002, pp. 51–53.
26. Rees, 2002.
27. Smolin, 1998, pp. 144–172.
28. Rees, 2002, pp. 31–32.
29. Adams, Laughlin, 1999.
30. John D. Barrow, „The Early History of the Universe", *Gresham College lecture*, Londra, 14 noiembrie 2006.

31. Lawrence M. Krauss, Michael S. Turner, „Geometry and Destiny“, *General Relativity and Gravitation*, 31/10, 1999, pp. 1453–1459.

Capitolul 9

1. http://www.foresight.org/Nanomedicine/Ch03_1.html, accesat la 22 iunie 2007.
2. Această secțiune se bazează în special pe Rowan-Robinson, 2004, pp. 22–26; Morowitz, 2004, pp. 48–53 și Lochner *et al*., 2005.
3. E. Margaret Burbidge *et al*., „Synthesis of the Elements in Stars“, *Reviews of Modern Physics*, 29/4, 1957, pp. 547–650.
4. http://www.windows.ucar.edu/tour/link=/earth/geology/crust_elements.html, accesat la 22 iunie 2007.
5. Chang, 2007, p. 52.
6. Barrow, Tipler, 1996, pp. 250–253.
7. Această secțiune se bazează în general pe Ellis, 2002, capitolul 3; Barrow, Tipler, 1996, pp. 295–305; Morowitz, 2004, pp. 51–57.
8. Barrow, Tipler, 1996, pp. 295–305. Valorile constantelor sunt preluate din Physics Laboratory of the National Institute of Standards and Technology, http://physics.nist.gov, accesat la 15 noiembrie 2007.
9. Lewis E. Snyder *et al*., „Confirmation of Interstellar Acetone“, *Astrophysical Journal*, 578: Part 1, 2002, pp. 245–255.
10. G.W. Fuchs *et al*., „Trans-Ethyl Methyl Ether in Space. A New Look at a Complex Molecule in Selected Hot Core Regions“, *Astronomy and Astrophysics*, 444/2, 2005, pp. 521–530.
11. M.B. Bell *et al*., „Detection of HC11N in the Cold Dust Cloud TMC-1“, *Astrophysical Journal*, 483, partea a II-a, 1997, L61–L64.
12. Lunine, 1999, pp. 51–53; „Chondrite“, *Cosmic Lexicon*. Planetary Science Research Discovery, 1996.

Capitolul 10

1. Davies, 1990, p. 56.
2. Penrose, 2004, p. 726.
3. Hawking, 1998, pp. 49–50.
4. Penrose, 2004, p.707.
5. *Ibid*., p. 731.
6. Hawking, 1998, pp. 149–150.
7. Ellis, 2002, S.5.4.6.
8. Davies, 1990, p. 52.
9. Ellis, 2007, S.2.5.

PARTEA A DOUA

Capitolul 12

1. Document JPL D-34923 din 12 iunie 2006: http://exep.jpl.nasa.gov/files/exep/STDT_Report_Final_Ex2FF86A.pdf, secțiunea 1.3.1.1.3; accesat la 21 martie 2014.
2. James B. Pollack *et al*., „Formation of the Giant Planets by Concurrent Accretion of Solids and Gas“, *Icarus*, nr. 124/1, 1996, pp. 62–85.
3. Document JPL D-34923 din 12 iunie 2006.
4. Morowitz, 2004, p. 65.
5. Govert Schilling, „Planetary Systems: From a Swirl of Dust, a Planet Is Born“, *Science*, nr. 286/5437, 1999, pp. 66–68; Lunine, 1999, p. 4.

6. *Ibid.*, pp. 124–125.
7. http://gsc.nrcan.gc.ca/geomag/nmp/long_mvt_nmp_e.php, accesat la 23 mai 2008.
8. James Kasting, comunicare privată, 30 mai 2008.
9. Gregory Ryskin, „Secular Variation of the Earth's Magnetic Field: Induced by the Ocean Flow?", *New Journal of Physics*, nr. 11/6, 063015, 2009.
10. Bryson, 2004, pp. 228–229.
11. http://www.geolsoc.org.uk/gsl/geoscientist/features/page856.html, accesat la 23 mai 2008.
12. Kious, Tilling, 1996.
13. *Ibid.*
14. http://eclipse.gsfc.nasa.gov/SEhelp/ApolloLaser.html, accesat la 24 mai 2008.
15. S.J. Mojzsis *et al.*, „Oxygen-Isotope Evidence from Ancient Zircons for Liquid Water at the Earth's Surface 4,300 Myr Ago", *Nature*, nr. 409, 2001, pp. 178–181.
16. E.B. Watson, T.M. Harrison, „Zircon Thermometer Reveals Minimum Melting Conditions on Earliest Earth", *Science*, nr. 308/5723, 2005, pp. 841–844.
17. Allen P. Nutman, „Comment on «Zircon Thermometer Reveals Minimum Melting Conditions on Earliest Earth» Ii", *Science*, nr. 311/5762, 2006, p. 779.
18. Andrew Glikson, „Comment on «Zircon Thermometer Reveals Minimum Melting Conditions on Earliest Earth» I", *Science*, nr. 311/5762, 2006, p. 779.
19. Lunine, 1999, pp. 130–131.
20. A. Morbidelli *et al.*, „Source Regions and Timescales for the Delivery of Water to the Earth", *Meteoritics & Planetary Science*, nr. 35/6, 2001, pp. 309–1320.
21. Lunine, 1999, pp. 127–130.
22. http://solarsystem.nasa.gov/scitech/display.cfm?ST_ID=446, accesat la 10 iunie 2014.
23. Lunine, 1999, p. 132.
24. James Kasting, „Essay Review of Peter Ward and Don Brownlee's Rare Earth: Why Complex Life Is Uncommon in the Universe", *Perspectives in Biology and Medicine*, nr. 44, 2001, pp. 117–131.
25. Lunine, 1999, p. 165.
26. *Ibid.*, pp. 165–176.
27. Gribbin, 2004, pp. 200–223.
28. J.F. Kasting, D. Catling, „Earth: Evolution of a Habitable Planet", *Ann Rev Astron Astrophys*, nr. 41, 2003, pp. 429–463.
29. http://www.seti.org/seti/seti-science, accesat la 21 februarie 2008.
30. Rowan-Robinson, 2004, p. 65.
31. Ward, Brownlee, 2000.
32. Guillermo Gonzalez *et al.*, „The Galactic Habitable Zone: Galactic Chemical Evolution", *Icarus*, nr. 152/1, 2001, pp. 185–200.
33. Ward, Brownlee, 2000.
34. J.F. Kasting *et al.*, „Habitable Zones around Main Sequence Stars", *Icarus*, nr. 101/1, 1993, pp. 108–112.
35. Document JPL D-34923 din 12 iunie 2006: http://planetquest.jpl.nasa.gov/TPF/STDT_Report_Final_Ex2FF86A.pdf.
36. A. Wolszczan, D.A. Frail, „A Planetary System around the Millisecond Pulsar Psr1257 + 12", *Nature*, nr. 355/6356, 1992, pp. 145–147.
37. http://www.nasa.gov/mission_pages/kepler/main/index.html#.U_PC0Cj5hhK, accesat la 9 august 2014.
38. Ann Finkbeinter, „Astronomy: Planets in Chaos", *Nature*, nr. 511, 2014, pp. 22–24.
39. Ward, Brownlee, 2000.
40. http://www.planetary.org/explore/topics/compare_the_planets/terrestrial.html, accesat la 25 mai 2008.

41. http://earthobservatory.nasa.gov/Study/Paleoclimatology_Evidence/, accesat la 11 iunie 2008.
42. http://www.newscientist.com/article/mg21228384.600-aliens-dont-need-a-moon-like-ours.html#.U5covij5hhI, accesat la 10 iunie 2014.
43. Morowitz, 2004, pp. 58–62.

Capitolul 13

1. Nagler, 1987, p. 265.
2. *The* Upanishads, 1987, pp. 155–172.
3. Nagler, 1987, p. 265.
4. Moira Yip, profesor de fonetică și lingvistică la University College London, comunicare privată, 28 ianuarie 2008.
5. Gottlieb (2001), pp. 13–14.
6. *Ibid.*, p. 311.
7. *Ibid.*, pp. 230–239; „Vitalism", *The Oxford Dictionary of Philosophy*, Oxford University Press, 2005.
8. William Bechtel, Robert C. Richardson, „Vitalism", în E. Craig (ed.), *Routledge Encyclopedia of Philosophy*, Routledge, London, 1998.
9. Krieger, 1993, p. 7.
10. Krieger, Dolores, „Therapeutic Touch: The Imprimatur of Nursing", *The American Journal of Nursing*, nr. 75/5, 1975, pp. 784–787.
11. A. Gordon *et al.*, „The Effects of Therapeutic Touch on Patients with Osteoarthritis of the Knee", *J Fam Pract*, nr. 47/4, 1998, pp. 271–277.
12. Linda Rosa *et al.*, „A Close Look at Therapeutic Touch", *JAMA*, nr. 279/13, 1998, pp. 1005–1010.
13. Bohm, 1980 [D. Bohm, *Plenitudinea lumii și ordinea ei*, trad. H.-R. Patapievici și Sorin Părăoanu, Editura Humanitas, București, 1995, pp. 49, 50, 275 – *n. red.*].
14. László, 2006.
15. Sheldrake, 2009.
16. John Maddox, „A Book for Burning?", *Nature*, nr. 293, 1981, pp. 245–246.
17. Victor J. Stenger, „Bioeenergetic Fields", *The Scientific Review of Alternative Medicine*, nr. 3/1, 1991.
18. Wilson, 1998, p. 58.
19. Crick, 1995, p. 11.
20. Davies, 1990, p. 61.
21. *Apud ibid.*, pp. 61–62.
22. *Apud* McFadden, 2000, p. 13.
23. Davies, 1990, p. 59.
24. *Ibid.*, p. 65.
25. Philip Ball, „What Is Life? Can We Make It?", *Prospect*, august 2004, pp. 50–54.
26. Vezi, de exemplu, definiții ale virusului în *Gale Genetics Encyclopedia*, 2003; *McGraw-Hill Science and Technology Encyclopedia*, 2005; *Columbia Electronic Encyclopedia*, accesat la 31 iulie 2008.
27. Smolin, 1998, p. 194.
28. Capra, 1997.
29. *Ibid.*, p. 96.
30. McFadden, 2000, pp. 13–16.

Capitolul 14

1. Elso S. Barghoorn, Stanley A. Tyler, „Microorganisms from the Gunflint Chert", *Science*, nr. 147/3658, 1965, pp. 563–577.

2. J. William Schopf, „Microfossils of the Early Archean Apex Chert: New Evidence of the Antiquity of Life", *Science*, nr. 260/5108, 1993, pp. 640–646.
3. S.J. Mojzsis *et al.*, „Evidence for Life on Earth before 3,800 Million Years Ago", *Nature*, nr. 384/6604, 1996, pp. 55–59.
4. Christopher M. Fedo, Martin J. Whitehouse, „Metasomatic Origin of Quartz-Pyroxene Rock, Akilia, Greenland, and Implications for Earth's Earliest Life", *Science*, nr. 296/5572, 2002, pp. 1448–1452.
5. S.J. Mojzsis, T.M. Harrison, „Origin and Significance of Archean Quartzose Rocks at Akilia, Greenland", *Science*, nr. 298/5595, 2002, p. 917.
6. Martin D. Brasier *et al.*, „Questioning the Evidence for Earth's Oldest Fossils", *Nature*, nr. 416/6876, 2002, pp. 76–81.
7. Rex Dalton, „Microfossils: Squaring up over Ancient Life", *Nature*, nr. 417/6891, 2002, pp. 782–784.
8. McFadden, 2000, pp. 26–27.
9. Kazem Kashefi, Derek R. Lovley, „Extending the Upper Temperature Limit for Life", *Science*, nr. 301/5635, 2003, p. 934.
10. Nigel Henbest, „The Day the Earth Was Born", *Origins*, Channel 4, 21 februarie 2004.
11. Li-Hung Lin *et al.*, „Long-Term Sustainability of a High-Energy, Low-Diversity Crustal Biome", *Science*, nr. 314/5798, 2006, pp. 479–482.
12. Vezi, de exemplu, Christos A. Ouzounis *et al.*, „A Minimal Estimate for the Gene Content of the Last Universal Common Ancestor: Exobiology from a Terrestrial Perspective", *Research in Microbiology*, nr. 157/1, 2006, pp. 57–68.
13. *Apud* Doolittle, 2000.
14. Ragan *et al.* (2009).
15. *Ibid.*
16. Douglas L. Theobald, „A Formal Test of the Theory of Universal Common Ancestry", *Nature*, nr. 465/7295, 2010, pp. 219–222.
17. Thomas Cavalier-Smith, „Deep Phylogeny, Ancestral Groups and the Four Ages of Life", *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, nr. 365/1537, 2009, pp. 111–132.
18. Michael Polanyi, „Life's Irreducible Structure", *Science*, nr. 160/3834, 1968, pp. 1308–1312.

Capitolul 15

1. S.L. Miller, „A Production of Amino Acids under Possible Primitive Earth Conditions", *Science*, nr. 117/3046, 1953, pp. 528–529.
2. McFadden, 2000, pp. 85–88.
3. *Ibid.*, pp. 95–98.
4. David H. Lee *et al.*, „A Self-Replicating Peptide", *Nature*, nr. 382/6591, 1996, pp. 525–528.
5. Cairns-Smith, 1990.
6. James P. Ferris *et al.*, „Synthesis of Long Prebiotic Oligomers on Mineral Surfaces", *Nature*, nr. 381/6577, 1996, pp. 59–61.
7. G. Wächtershäuser, „Before Enzymes and Templates: Theory of Surface Metabolism", *Microbiol Rev*, nr. 52, 1988, pp. 452–484.
8. McFadden, 2000, pp. 91–92.
9. McFadden, 2000, pp. 91–92.
10. Hoyle, Wickramasinghe, 1978.
11. Chandra Wickramasinghe *et al.*, „SARS – a Clue to Its Origins?", *The Lancet*, nr. 361/9371, 2003, p. 1832.

12. Vezi, de exemplu, Samuel Ponce de Leon, Antonio Lazcano, „Panspermia – True or False?“, *The Lancet*, nr. 362/9381, 2003, pp. 406–407.
13. W.M. Napier *et al.*, „The Origin of Life in Comets“, *International Journal of Astrobiology*, nr. 6/04, 2007, pp. 321–323.
14. http://www.astrobiology.cf.ac.uk/News3.html, accesat la 12 august 2008.
15. N. Bostrom, „Are You Living in a Computer Simulation?“, *Philosophical Quarterly*, nr. 53/211, 2003, pp. 243–255.
16. Behe, 1996.
17. Mark J. Pallen, Nicholas J. Matzke, „From the Origin of Species to the Origin of Bacterial Flagella“, *Nat Rev Micro*, nr. 4/10, 2006, pp. 784–790.
18. News, „Hoyle on Evolution“, *Nature*, nr. 294, 1981, p. 105.
19. Fred Hoyle, *Evolution from Space: The Omni Lecture Delivered at the Royal Institution, London on 12 January 1982*, University College of Cardiff Press, Cardiff, 1982.
20. B. Carter, „Large Number Coincidences and the Anthropic Principle in Cosmology“, în M.S. Longair (ed.), *Confrontation of Cosmological Theories with Observational Data*, Springer, 1974, pp. 291–298.
21. Barrow, Tipler, 1996.
22. Penrose, 1989, p. 561.
23. McFadden, 2000, pp. 219–240.
24. Kauffman, 1996.
25. Wilson, 1998, p. 97.
26. McFadden, 2000, p. 94.
27. Morowitz, 2004.

Capitolul 16

1. „Carolus Linnaeus“, *Encyclopædia Britannica Online*, http://www.britannica.com/EBchecked/topic/342526/Carolus-Linnaeus; accesat la 20 decembrie 2008.
2. Maillet, 1968.
3. „Georges-Louis Leclerc, Comte de Buffon“, *Gale Encyclopedia of Biography*, 2006.
4. Erasmus Darwin, 1796 și „Erasmus Darwin“, *Encyclopædia Britannica Online*, http://www.britannica.com/EBchecked/topic/151960/Erasmus-Darwin; accesat la 16 februarie 2010.
5. Erasmus Darwin, 1803.
6. Paul N. Pearson, „In Retrospect“, *Nature*, nr. 425/6959, 2003, p. 665.
7. David Clifford, „Jean-Baptiste Lamarck“, 2004, http://www.victorianweb.org/science/lamarck1.html, accesat la 16 februarie 2010; Shanahan, 2004, pp. 14–23; Dan Graur *et al.*, „In Retrospect: Lamarck's Treatise at 200“, *Nature*, nr. 460/7256, 2009, pp. 688–689; http://www.ucmp.berkeley.edu/history/lamarck.html, accesat la 16 februarie 2010.
8. Étienne Geoffroy Saint Hillaire Collection, American Philosophical Society, http://www.amphilsoc.org/mole/view?docId=ead/Mss.B.G287p-ead.xml;query=;brand=default; accesat la 20 februarie 2010.
9. J.H.S. Green, „William Charles Wells, F.R.S. (1757–1817)“, *Nature*, nr. 179, 1957, pp. 997–999.
10. Adrian Desmond, „Robert E. Grant: The Social Predicament of a Pre-Darwinian Transmutationist“, *Journal of the History of Biology*, nr. 17, 1984, pp. 189–223, și Desmond, comunicare privată, 2 aprilie 2010.
11. http://www.ucmp.berkeley.edu/history/matthew.html, accesat la 3 decembrie 2009.
12. Smith, 1998, pp. 2000–2014.
13. Francis Darwin, 1887, p. 68.

14. *Ibid.*, p. 116.
15. Corespondența lui Darwin anterioară prezentării de la Societatea Linneeană se găsește în *ibid.*, pp. 116–127.
16. http://www.linnean.org/index.php?id=380, accesat la 20 februarie 2010.
17. Paul N. Pearson, „In Retrospect", *Nature*, nr. 425, 2003, p. 6959.
18. Adrian Desmond, Sarah E. Parker, „The Bibliography of Robert Edmond Grant (1793–1874): Illustrated with a Previously Unpublished Photograph", *Archives of Natural History*, nr. 33/2, 2006, pp. 202–213.
19. Francis Darwin, 1887, vol. 2, pp. 206–207.
20. Charles Darwin, 1861, p. iv [toate citatele în limba română sunt preluate din C. Darwin, *Originea speciilor*, trad. Ion E. Fuhn, Editura Herald & Editura Academiei Române, București, 2017 – *n. red.*].
21. *Ibid.*, pp. xiv–xv.
22. http://anthro.palomar.edu/evolve/evolve_2.htm, accesat la 16 decembrie 2008.
23. Frank D. Steinheimer, „Charles Darwin's Bird Collection and Ornithological Knowledge During the Voyage of HMS *Beagle*, 1831–1836", *Journal of Ornithology*, nr. 145/4, 2004, pp. 300–320; Frank J. Sulloway, „The Beagle Collections of Darwin's Finches (Geospizinae)", *Bulletin of the British Museum of Natural History (Zoology)*, nr. 43 (2), 1982, pp. 49–94; Frank J. Sulloway, „Darwin and His Finches: The Evolution of a Legend", *Journal of the History of Biology*, nr. 15/1, 1982, pp. 1–53.
24. Lack, 1947.
25. Desmond, Moore, 1992, p. 209.
26. Charles Darwin, 1872, pp. 70–71.
27. *Ibid.*, p. 49.
28. *Ibid.*, p. 106.
29. *Ibid.*, p. 49.
30. *Ibid.*, p. 103.
31. Vezi, de exemplu, *ibid.*, pp. 42 și 47.
32. *Ibid.*, p. 137.
33. *Ibid.*, p. 50.
34. Charles Darwin, 1882, p. 107 [C. Darwin, *Descendența omului și selecția sexuală*, trad. Eugen Margulius, Editura Academiei Republicii Socialiste România, București, 1967 – *n. red.*].
35. Charles Darwin, 1872, p. 59.
36. Charles Darwin, 1868, pp. 5–6 [C. Darwin, *Variația animalelor și plantelor sub influența domesticirii*, trad. Eugen Margulius, Editura Academiei Republicii Socialiste România, București, 1963 – *n. red.*].
37. *Ibid.*, p. 6.
38. Charles Darwin, 1882, p. 606.
39. Francis Darwin, 1887, p. 215.
40. Charles Darwin, 1859, p. 134.
41. Charles Darwin, 1882, p. v.
42. Charles Darwin, 1872, p. 429.
43. Charles Darwin, 1958, p. 85.
44. Francis Darwin, 1887, vol. 2.
45. *Ibid.*, vol. 2, pp. 243–244.
46. Desmond, 1989.
47. Sherrie L. Lyons, „The Origins of T H Huxley's Saltationism: History in Darwin's Shadow", *Journal of the History of Biology*, nr. 28/3, 1995, pp. 463–494.
48. Gould, 2002, pp. 355–395.
49. Kropotkin, 1972, p. 18.

50. T.H. Huxley, „The Struggle for Existence: A Programme“, *Nineteenth Century*, 1888, p. 165.
51. Kropotkin, 1972, p. 71.
52. *Ibid.*
53. *Ibid.*, p. 30.
54. Sapp, 2009, pp. 115–120.
55. http://nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/1933/morgan-bio.html, accesat la 20 decembrie 2008.
56. Schrödinger, 1992, bazată pe prelegeri ținute în 1943.
57. Watson, Stent, 1980; Crick, 1990.
58. Francis Crick, „Central Dogma of Molecular Biology“, *Nature*, nr. 227/5258, 1970, pp. 561–563.
59. Coyne, 2006.
60. C.R. Woese *et al.*, „Towards a Natural System of Organisms: Proposal for the Domains Archaea, Bacteria, and Eucarya“, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, nr. 87/12, 1990, pp. 4576–4579.

Capitolul 17

1. R.M. May, „How Many Species Inhabit the Earth?“, *Scientific American*, nr. 267/4, 1992, pp. 42–48.
2. UNEP, 2007, p. 164.
3. Vigdis Torsvik *et al.*, „Prokaryotic Diversity–Magnitude, Dynamics, and Controlling Factors“, *Science*, nr. 296/5570, 2002, pp. 1064–1066.
4. Harwood, Buckley, 2008.
5. William B. Whitman *et al.*, „Prokaryotes: The Unseen Majority“, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, nr. 95/12, 1998, pp. 6578–6583.
6. N.J.B. Isaac *et al.*, „Taxonomic Inflation: Its Influence on Macroecology and Conservation“, *Trends in Ecology & evolution*, nr. 19/9, 2004, pp. 464–469.
7. J. Mallet, „The Speciation R evolution“, *Journal of evolutionary Biology*, nr. 14/6, 2001, pp. 887–888.
8. James Mallet, „Hybridization, Ecological Races and the Nature of Species: Empirical Evidence for the Ease of Speciation“, *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, nr. 363/1506, 2008, pp. 2971–2986.
9. Mayr, 1982, p. 285.
10. Ernst Mayr, „What Is a Species, and What Is Not?“, *Philosophy of Science*, nr. 63/2, 1996, pp. 262–277.
11. Coyne, 2004, p. 30.
12. Georgina Mace *et al.*, „Biodiversity“, *Current State & Trends*: Millennium Ecosystem Assessment, 2005, pp. 87–89.
13. James Mallet, 2008.
14. Leakey, Lewin, 1996, pp. 39 și 45.
15. *Ibid.*, p. 45.
16. Conway Morris, 1998.
17. Jonathan Leake, John Harloe, „Origin of the Specious“, *Sunday Times*, News, 24 mai 2016, p. 16; Mark Henderson, „Ida, the Fossil Hailed as Ancestor of Man, «Wasn't Even a Close Relative»“, *The Times*, 22 octombrie 2009, p. 25.
18. Luke Harding, „History of Modern Man Unravels as German Scholar Is Exposed as Fraud“, *The Guardian*, 19 februarie 2005, p. 3.
19. http://www.dmp.wa.gov.au/5257.aspx, accesat la 24 martie 2010.
20. Tsu-Ming Han, Bruce Runnegar, „Megascopic Eukaryotic Algae from the 2.1-Billion-Year-Old Negaunee Iron-Formation, Michigan“, *Science*, nr. 257/5067, 1992, pp. 232–235.

21. Abderrazak El Albani *et al.*, „Large Colonial Organisms with Coordinated Growth in Oxygenated Environments 2.1gyr Ago“, *Nature*, nr. 466/7302, 2010, pp. 100–104.
22. Philip C.J. Donoghue, Jonathan B. Antcliffe, „Early Life: Origins of Multicellularity“, *Nature*, nr. 466/7302, 2010, pp. 41–42.
23. A.H. Knoll *et al.*, „Eukaryotic Organisms in Proterozoic Oceans“, *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, nr. 361/1470, 2006, pp. 1023–1038.
24. http://www.princeton.edu/main/news/archive/S28/14/71M11/index.xml?section=topstories#top, accesat la 17 august 2010.
25. „Ediacara fauna“, *Encyclopædia Britannica Online*, http://www.britannica.com/EBchecked/topic/179126/Ediacara-fauna; accesat la 12 iunie 2014.
26. http://www.simonyi.ox.ac.uk/dawkins/WorldOfDawkins-archive/Dawkins/Work/Articles/alabama/1996-04-01alabama.shtml, accesat la 20 decembrie 2008.
27. Hans Thewissen, comunicare privată, 22 iulie 2010.
28. J.G.M. Thewissen *et al.*, „Whales Originated from Aquatic Artiodactyls in the Eocene Epoch of India“, *Nature*, nr. 450/7173, 2007, pp. 1190–1194; J.G.M. Thewissen *et al.*, „Developmental Basis for Hind-Limb Loss in Dolphins and Origin of the Cetacean Bodyplan“, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, nr. 103/22, 2006, pp. 8414–8418; J.G.M. Thewissen *et al.*, „Eocene Mammal Faunas from Northern Indo-Pakistan“, *Journal of Vertebrate Paleontology*, nr. 21/2, 2001, pp. 347–366.
29. Pallen, 2009, p. 83.
30. „Extinction“, *McGraw-Hill Encyclopedia of Science and Technology*, 2005.
31. „Dinosaurs“, American Museum of Natural History, http://www.amnh.org/exhibitions/dinosaurs/extinction/mass.php; accesat la 29 octombrie 2008.
32. Alvarez, 1997.
33. Vezi, de exemplu, „Dinosaur extinction link to crater confirmed“, http://news.bbc.co.uk/1/hi/sci/tech/8550504.stm; accesat la 4 martie 2010.
34. Peter Schulte *et al.*, „The Chicxulub Asteroid Impact and Mass Extinction at the Cretaceous-Paleogene Boundary“, *Science*, nr. 327/5970, 2010, pp. 1214–1218.
35. Vincent Courtillot, Frederic Fluteau, „Cretaceous Extinctions: The Volcanic Hypothesis“, *Science*, nr. 328/5981, 2010, pp. 973–974.
36. Gerta Keller *et al.*, „Cretaceous Extinctions: Evidence Overlooked“, *Science*, nr. 328/5981, 2010, pp. 974–975.
37. J. David Archibald *et al.*, „Cretaceous Extinctions: Multiple Causes“, *Science*, nr. 328/5981, 2010, p. 973.
38. Elliott, 2000; David K. Officer, „Victims of Volcanoes: Why Blame an Asteroid?“, *New Scientist*, nr. 1861, 1993, p. 34.
39. Eldredge, Gould, 1972.
40. Gould, 1980, p. 182.
41. Peter R. Sheldon, „Parallel Gradualistic evolution of Ordovician Trilobites“, *Nature*, nr. 330/6148, 1987, pp. 561–563.
42. Eldredge, 1995, pp. 70–74.
43. Alan H. Cheetham, „Tempo of evolution in a Neogene Bryozoan: Rates of Morphologic Change within and across Species Boundaries“, *Paleobiology*, nr. 12/2, 1986, pp. 190–202.
44. Alan H. Cheetham, „Tempo of evolution in a Neogene Bryozoan: Are Trends in Single Morphologic Characters Misleading?“, *Paleobiology*, nr. 13/3, 1987, pp. 286–296.
45. Eldredge, pp. 69–70.
46. Ayala, 2014.
47. Eldredge, Tattersall, 1982, pp. 45–46.
48. Ayala, 2014.

49. http://www.britannica.com/EBchecked/topic/360838/mammal, accesat la 11 ianuarie 2015.
50. Zhe-Xi Luo *et al.*, „A Jurassic Eutherian Mammal and Divergence of Marsupials and Placentals", *Nature*, nr. 476, 2011, pp. 442–445.
51. J.R. Wible *et al.*, „Cretaceous Eutherians and Laurasian Origin for Placental Mammals near the K/T Boundary", *Nature*, nr. 447/7147, 2007, pp. 1003–1006.

Capitolul 18

1. Charles Darwin, 1872) p. 386.
2. Gehring, 1998, pp. 207–216.
3. Tanguy Chouard, „Evolution: Revenge of the Hopeful Monster", *Nature*, nr. 463, 2010, pp. 864–867.
4. Ayala, 2014.
5. Christopher M. Thomas, Kaare M. Nielsen, „Mechanisms of, and Barriers to, Horizontal Gene Transfer between Bacteria", *Nat Rev Micro*, nr. 3/9, 2005, pp. 711–721.
6. Luis Boto, „Horizontal Gene Transfer in Evolution: Facts and Challenges", *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, nr. 277/1683, 2010, pp. 819–827.
7. P.S. Soltis, „Ancient and Recent Polyploidy in Angiosperms", *New Phytologist*, nr. 166/1, 2005, pp. 5–8.
8. T. Ryan Gregory, Barbara K. Mable, „Polyploidy in Animals", în Gregory, 2005, pp. 501–502.
9. M.H. Gallardo *et al.*, „Whole-Genome Duplications in South American Desert Rodents (Octodontidae)", *Biological Journal of the Linnean Society*, nr. 82/4, 2004, pp. 443–451.
10. Jerry A. Coyne, „Not Black and White", *Nature*, nr. 396/6706, 1998, pp. 35–36.
11. http://www.gen.cam.ac.uk/research/personal/majerus/Darwiniandisciple.pdf [2004], accesat la 18 octombrie 2010.
12. T.D. Sargent *et al.*, „The «Classical» Explanation of Industrial Melanism: Assessing the Evidence", în Max K. Hecht, Bruce Wallace (ed.), *Evolutionary Biology:* vol 23, Plenum Press, New York, 1998.
13. H.A. Cunha *et al.*, „Riverine and Marine Ecotypes of *Sotalia* Dolphins are Different Species", *Marine Biology*, nr. 148/2, 2005, pp. 449–457.
14. Weiner, 1994, p. 9.
15. Peter R. Grant, B. Rosemary Grant, „Genetics and the Origin of Bird Species", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, nr. 94/15, 1997, pp. 7768–7775.
16. Leslie Pray, „Transposons, or Jumping Genes: Not Junk DNA?", *Nature Education*, nr. 1, 2008.
17. Elizabeth Pennisi, „Encode Project Writes Eulogy for Junk DNA", *Science*, nr. 337/6099, 2012, pp. 1159–1161; http://www.genome.gov/10005107, accesat la 11 aprilie 2014; ENCODE, Consortium, „Identification and Analysis of Functional Elements in 1% of the Human Genome by the Encode Pilot Project", *Nature*, nr. 447/7146, 2007, pp. 799–816.
18. http://www.ornl.gov/sci/techresources/Human_Genome/faq/compgen.shtml, accesat la 17 august 2010.
19. Matt Ridley, „The Humbling of Homo Sapiens", *The Spectator*, 14 iunie 2003.
20. Vezi, de exemplu, J.P. Demuth *et al.*, „The Evolution of Mammalian Gene Families", *PLoS One*, nr. 1/1, 2006; Roy J. Britten, „Divergence between Samples of Chimpanzee and Human DNA Sequences Is 5%, Counting Indels", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, nr. 99/21, 2002, pp. 13633–13635.
21. Jeffrey H. Schwartz, Bruno Maresca, „Do Molecular Clocks Run at All? A Critique of Molecular Systematics", *Biological Theory*, nr. 1/4, 2006, pp. 357–371.

22. Mark A. Ragan *et al.*, „The Network of Life: Genome Beginnings and Evolution", *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, nr. 364/1527, 2009, pp. 2169–2175.
23. W. Ford Doolittle, „The Practice of Classification and the Theory of Evolution, and What the Demise of Charles Darwin's Tree of Life Hypothesis Means for Both of Them", *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, nr. 364/1527, 2009, pp. 2221–2228.

Capitolul 19

1. Sam P. Brown *et al.*, „Social Evolution in Micro-Organisms and a Trojan Horse Approach to Medical Intervention Strategies", *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, nr. 364/1533, 2009, pp. 3157–3168.
2. B.J. Crespi, „The Evolution of Social Behavior in Microorganisms", *Trends in Ecology & Evolution*, nr. 16/4, 2001, pp. 178–183.
3. Stuart A. West *et al.*, „The Social Lives of Microbes", *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, nr. 38/1, 2007, pp. 53–77.
4. James A. Shapiro, „Thinking About Bacterial Populations as Multicellular Organisms", *Annual Reviews in Microbiology*, nr. 52/1, 1998, pp. 81–104.
5. David C. Queller, Joan E. Strassmann, „Beyond Society: The Evolution of Organismality", *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, nr. 364/1533, 2009, pp. 3143–3155.
6. Joseph C. Pearson *et al.*, „Modulating Hox Gene Functions During Animal Body Patterning", *Nat Rev Genet*, nr. 6/12, 2005, pp. 893–904.
7. Jonathan Leake, „Check... Science Closes in on Intelligence Gene Test", *Sunday Times*, 19 septembrie 2010. p. 13.
8. Majoritatea exemplelor referitoare la comportamentul social al insectelor sunt preluate din Francis L.W. Ratnieks, Heikki Helanterä, „The Evolution of Extreme Altruism and Inequality in Insect Societies", *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, nr. 364/1533, 2009, pp. 3169–3179.
9. Vezi, de exemplu, K.N. Laland *et al.*, „From Fish to Fashion: Experimental and Theoretical Insights into the Evolution of Culture", *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, nr. 366/1567, 2011, pp. 958–968.
10. Kevin N. Laland, „Animal Cultures", *Current Biology*, nr. 18/9, 2008, R366–R370.
11. Alex Thornton, Aurore Malapert, „Experimental Evidence for Social Transmission of Food Acquisition Techniques in Wild Meerkats", *Animal Behaviour*, nr. 78/2, 2009, pp. 255–264.
12. Alex Thornton, Katherine McAuliffe, „Teaching in Wild Meerkats", *Science*, nr. 313/5784, 2006, pp. 227–229; Alex Thornton, Tim Clutton-Brock, „Social Learning and the Development of Individual and Group Behaviour in Mammal Societies", *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, nr. 366/1567, 2011, pp. 978–987.
13. Carel van Schaik, „Orangutan Culture and Its Cognitive Consequences", *Culture Evolves*, Royal Society, London, 28 iunie 2010.
14. Kevin N. Laland, „Animal Cultures", *Current Biology*, nr. 18/9, 2008, R366–R370.
15. Simon M. Reader *et al.*, „The Evolution of Primate General and Cultural Intelligence", *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, nr. 366/1567, 2011, pp. 1017–1027.
16. Kropotkin, 1972, pp. 30–31.
17. *Ibid.*, p. 69.
18. Angela K. Taylor, „Living Wih Other Animals", în Halliday, 1994, pp. 105–109.

Capitolul 20

1. Ayala, 2014.
2. Christian Schwabe, „On the Validity of Molecular Evolution“, *Trends in Biochemical Sciences*, nr. 11/7, 1986, pp. 280–283.
3. Jeffrey H. Schwartz, Bruno Maresca, „Do Molecular Clocks Run at All? A Critique of Molecular Systematics“, *Biological Theory*, nr. 1/4, 2006, pp. 357–371. Vezi R.A. Meyer (ed.), *Molecular Cell Biology and Molecular Medicine*, Wiley-VCH Verlag, Winheim.
4. Mark A. Ragan *et al.*, „The Network of Life: Genome Beginnings and Evolution“, *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, nr. 364/1527, 2009, pp. 2169–2175.
5. W. Ford Doolittle, „The Practice of Classification and the Theory of Evolution, and What the Demise of Charles Darwin's Tree of Life Hypothesis Means for Both of Them“, *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, nr. 364/1527, 2009, pp. 2221–2228.
6. http://www.timetree.org/time_query.php?taxon_a=9606&taxon_b=9598, accesat la 18 august 2010.

Capitolul 21

1. Luis B. Barreiro *et al.*, „Natural Selection Has Driven Population Differentiation in Modern Humans“, *Nat Genet*, nr. 40/3, 2008, pp. 340–345.
2. http://www.britannica.com/EBchecked/topic/406351/natural-selection, accesat la 14 iunie 2014.
3. „Ernst Mayr“, *Gale Encyclopedia of Biography*, 2006.
4. Jeffrey H. Schwartz, Bruno Maresca, „Do Molecular Clocks Run at All? A Critique of Molecular Systematics“, *Biological Theory*, nr. 1/4, 2006, pp. 357–371.
5. Coyne, 2006.
6. Mayr, 2001, p. 195.
7. Peter G. Williamson, „Morphological Stasis and Developmental Constraint: Real Problems for Neo-Darwinism“, *Nature*, nr. 294, 1981, pp. 214–215.
8. Julie C. Dunning Hotopp *et al.*, „Widespread Lateral Gene Transfer from Intracellular Bacteria to Multicellular Eukaryotes“, *Science*, nr. 317/5845, 2007, pp. 1753–1756.
9. Luis Boto, „Horizontal Gene Transfer inevolution: Facts and Challenges“, *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, nr. 277/1683, 2010, pp. 819–827.
10. Michael Lynch, „The evolution of Genetic Networks by Non-Adaptive Processes“, *Nat Rev Genet*, nr. 8/10, 2007, pp. 803–813.
11. Matthew D. Anway *et al.*, „Epigenetic Transgenerational Actions of Endocrine Disruptors and Male Fertility“, *Science*, nr. 308/5727, 2005, pp. 1466–1469.
12. Eva Jablonka, Gal Raz, „Transgenerational Epigenetic Inheritance: Prevalence, Mechanisms, and Implications for the Study of Heredity and evolution“, *The Quarterly Review of Biology*, nr. 84/2, 2009, pp. 131–176.
13. Stuart A. West *et al.*, „Sixteen Common Misconceptions About theevolution of Cooperation in Humans“, *Evolution and Human Behavior*, nr. 32/4, 2011, pp. 231–262.
14. Charles Darwin, 1872, p. 428.
15. Heylighen, 1999.
16. J.W. Valentine *et al.*, „Morphological Complexity Increase in Metazoans“, *Paleobiology*, nr. 20/2, 1994, pp. 131–142.
17. Bonner, 1988, p. 5.
18. Gould, 2004.
19. *Ibid.*

20. *Ibid.*
21. R. Borowsky, H. Wilkens, „Mapping a Cave Fish Genome: Polygenic Systems and Regressive evolution“, *J Hered*, nr. 93/1, 2002, pp. 19–21.
22. http://www.bio.sci.osaka-u.ac.jp/~hfuruya/dicyemids.html, accesat la 24 februarie 2011.
23. Simpson, 1949.
24. William Bains, „Evolutionary Paradoxes and Natural Non-Selection“, *Trends in Biochemical Sciences*, nr. 12, 1987, pp. 90–91.
25. Nitecki, 1988.
26. Stephen Jay Gould, „On Replacing the Idea of Progress with an Operational Notion of Directionality“, în Matthew H. Nitecki (ed.), *Evolutionary Progress*, University of Chicago Press, Chicago; London, 1988, p. 319.
27. Bains, 1987.
28. Mayr, 1988, pp. 251–252.
29. Simpson, 1949, p. 262.
30. Huxley, 1923, p. 40.
31. Dobzhansky, 1956, p. 86.

Capitolul 22

1. Wells, 2000.
2. Behe, 2007.
3. Eldredge, 1995, pp. 64–66.
4. Niles Eldredge, Stephen J. Gould, „Punctuated Equilibria: An Alternative to Phyletic Gradualism“, în *Models in Paleobiology*, Freeman Cooper, San Francisco, 1972, pp. 82–115.
5. Dawkins, 1996, pp. 250–251.
6. B. Maresca, J.H. Schwartz, „Sudden Origins: A General Mechanism of Evolution Based on Stress Protein Concentration and Rapid Environmental Change“, *The Anatomical Record Part B: The New Anatomist*, nr. 289B/1, 2006, pp. 38–46.
7. G. Ledyard Stebbins, Francisco J. Ayala, „Is a New Evolutionary Synthesis Necessary?“, *Science*, nr. 213/4511, 1981, pp. 967–971.
8. Peter G. Williamson, „Morphological Stasis and Developmental Constraint: Real Problems for Neo-Darwinism“, *Nature*, nr. 294, 1981, pp. 214–215.
9. Kimura, 1983.
10. H. Allen Orr, „Testing Natural Selection“, *Scientific American*, nr. 300, 2009, pp. 44–51.
11. Masanori Kasahara, „The 2R Hypothesis: An Update“, *Current Opinion in Immunology*, nr. 19/5, 2007, pp. 547–552.
12. Neil Shubin *et al.*, „Deep Homology and the Origins of Evolutionary Novelty“, *Nature*, nr. 457/7231, 2009, pp. 818–823.
13. Conway Morris, 2005.
14. Stuart A. Kauffman, „Antichaos and Adaptation“, *Scientific American*, 1991, pp. 78–84 și Kauffman, 1996.
15. Eugene V. Koonin, „Are There Laws of Genome Evolution?“, *PLoS Comput Biol*, nr. 7/8, 2011, e1002173.
16. Shapiro, 2011.
17. Noble, 2006, p. 21.
18. Sydney Brenner, „Sequences and Consequences“, *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, nr. 365/1537, 2010, pp. 207–212.
19. Lovelock, 1991, p. 99.
20. Sheldrake, 2009, pp. 222–229.

Capitolul 23

1. Wilson, 2000.
2. Charles Darwin, 1882, pp. 131–132.
3. Williams, 1996, p. 93.
4. *Ibid.*, p. vii.
5. J.B.S. Haldane, „Population Genetics", *New Biology*, nr. 18, 1955, pp. 34–51.
6. W.D. Hamilton, „The Genetical Evolution of Social Behaviour", *Journal of Theoretical Biology*, nr. 7/1, 1964, pp. 1–16.
7. Harman, 2010.
8. David Sloan Wilson, Edward O. Wilson, „Survival of the Selfless", *New Scientist*, 3 noiembrie 2007.
9. Robert L. Trivers, „The Evolution of Reciprocal Altruism", *The Quarterly Review of Biology*, nr. 46/1, 1971, pp. 35–57.
10. Gerald S. Wilkinson, „Reciprocal Food Sharing in the Vampire Bat", *Nature*, nr. 308/5955, 1984, pp. 181–184; Gerald S. Wilkinson, „The Social Organization of the Common Vampire Bat", *Behavioral Ecology and Sociobiology*, nr. 17/2, 1985, pp. 123–134.
11. Vezi http://harvardmagazine.com/2010/08/harvard-dean-details-hauser-scientific-misconduct, accesat la 20 august 2010; http://www.thecrimson.com/article/2010/9/14/hauser-lab-research-professor/?page=single, accesat la 14 septembrie 2010; și http://grants.nih.gov/grants/guide/notice-files/NOT-OD-12-149.html, „Findings of Research Misconduct", accesat la 10 septembrie 2012.
12. Marc Hauser *et al.*, „Evolving the Ingredients for Reciprocity and Spite", *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, nr. 364/1533, 2009, pp. 3255–3266.
13. Stuart A. West *et al.*, „Sixteen Common Misconceptions About the Evolution of Cooperation in Humans", *Evolution and Human Behavior*, nr. 32/4, 2011, pp. 231–262.
14. Andy Gardner *et al.*, „Spiteful Soldiers and Sex Ratio Conflict in Polyembryonic Parasitoid Wasps", *The American Naturalist*, nr. 169/4, 2007, pp. 519–533.
15. Edward O. Wilson, „One Giant Leap: How Insects Achieved Altruism and Colonial Life", *BioScience*, nr. 58/1, 2008, pp. 17–25.
16. Dawkins, 1989, p. 2.
17. *Ibid.*, p. 87.
18. *Ibid.*, p. 2.
19. *Ibid.*, pp. 265–266.
20. *Ibid.*, p. 248.
21. Richard Dawkins, „It's All in the Genes", *Sunday Times*, 19 martie 2006; cărțile 43–44.
22. Dawkins, 1989, p. 45.
23. *Ibid.*, p. 88.
24. *Ibid.*, pp. 264–266.
25. Koslowski, 1999, p. 308.
26. Gould, 2002, p. 614.
27. Dawkins, 1989, p. 37.
28. *Ibid.*, p. 36.
29. *Ibid.*, p. 105.
30. *Ibid.*, p. 140.
31. *Ibid.*, p. 101.
32. Richard Dawkins, „The Genius of Charles Darwin, Episode 2", *The Genius of Charles Darwin*, Channel 4, 4 octombrie 2009.
33. Roughgarden, 2009.

34. Richard Dawkins, „Genes Still Central", *New Scientist*, 15 decembrie 2007.
35. T. Clutton-Brock *et al.*, „The Evolution of Society", *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, nr. 364/1533, 2009, pp. 3127–3133.
36. Kropotkin, 1978, p. 69.
37. Margulis, 1970.
38. Lynn Margulis *et al.*, „«Imperfections and Oddities» in the Origin of the Nucleus", *Paleobiology*, nr. 31 (sp5), 2005, pp. 175–191, și comunicări private, 8 august–3 octombrie 2011.
39. Dick Teresi, „Lynne Margulis", *Discover Magazine*, aprilie 2011, pp. 66–71.
40. http://whyevolutionistrue.wordpress.com/2011/04/12/lynn-margulis-disses-evolution-in-discover-magazine-embarrasses-both-herself-and-the-field/, accesat la 12 aprilie 2011.
41. W. Ford Doolittle, „Uprooting the Tree of Life", *Scientific American*, nr. 282, 2000, pp. 90–95.

Capitolul 24

1. Conway Morris, pp. 197–200.
2. Chomsky, 2006.
3. Tomasello, 2003.
4. Simon M. Reader, Kevin N. Laland, „Social Intelligence, Innovation, and Enhanced Brain Size in Primates", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, nr. 99/7, 2002, pp. 4436–4441.
5. Frederico A.C. Azevedo *et al.*, „Equal Numbers of Neuronal and Nonneuronal Cells Make the Human Brain an Isometrically Scaled-up Primate Brain", *The Journal of Comparative Neurology*, nr. 513/5, 2009, pp. 532–541.
6. Keith Kendrick, „Understanding the Brain: A Work in Progress", *Gresham College Lecture*, Londra, 22 noiembrie 2010.
7. R.O. Deaner *et al.*, „Overall Brain Size, and Not Encephalization Quotient, Best Predicts Cognitive Ability across Non-Human Primates", *Brain, Behavior and Evolution* , nr. 70/2, 2007, pp. 115–124.
8. Marta Mirazón Lahr, „African Origins – the Morphological and Behavioural Evidence of Early Humans in Africa", *Human Evolution, Migration and History Revealed by Genetics, Immunity and Infection*, Royal Society, Londra, 6 iunie 2011.
9. Pierre Jolicoeur *et al.*, „Brain Structure and Correlation Patterns in Insectivora, Chiroptera, and Primates", *Systematic Zoology*, nr. 33/1, 1984, pp. 14–29.

PARTEA A TREIA

Capitolul 26

1. Stringer, 2011, p. 28.
2. Morris, 1986.
3. Richard E. Green *et al.*, „A Draft Sequence of the Neandertal Genome", *Science*, nr. 328/5979, 2010, pp. 710–722.
4. Lynn B. Jorde, Stephen P. Wooding, „Genetic Variation, Classification and 'Race'", *Nat Genetics*, nr. 36, 2004, pp. 528–533.
5. Robin Derricourt, „Getting 'out of Africa': Sea Crossings, Land Crossings and Culture in the Hominin Migrations", *Journal of World Prehistory*, nr. 19/2, 2005, pp. 119–132.
6. Mark Stoneking, „Human Origins", *EMBO Reports*, nr. 9, S1, S46–S50, 2008.
7. Stringer, 2011, pp. 33–44.

8. R.L. Cann *et al.*, „Mitochondrial DNA and Human Evolution“, *Nature*, nr. 325/6099, 1987, pp. 31–36.
9. Stringer, 2011, pp. 23–24.
10. Fulvio Cruciani *et al.*, „A Revised Root for the Human Y Chromosomal Phylogenetic Tree: The Origin of Patrilineal Diversity in Africa“, *The American Journal of Human Genetics*, nr. 88/6, 2010, pp. 814–818.
11. P.A. Underhill *et al.*, „The Phylogeography of Y Chromosome Binary Haplotypes and the Origins of Modern Human Populations“, *Annals of Human Genetics*, nr. 65/1, 2001, pp. 43–62.
12. http://web.archive.org/web/20070706095314/http://www.janegoodall.com/chimp_central/default.asp, accesat la 8 decembrie 2011.
13. „Bonobo“, *The Columbia Electronic Encyclopedia*, Sixth Edition, Columbia University Press, 2011, accesat la 8 decembrie 2011; http://www.britannica.com/EBchecked/topic/73224/bonobo, accesat la 16 ianuarie 2012.
14. Michel Brunet *et al.*, „New Material of the Earliest Hominid from the Upper Miocene of Chad“, *Nature*, nr. 434/7034, 2005, pp. 752–755; Christoph P.E. Zollikofer *et al.*, „Virtual Cranial Reconstruction of Sahelanthropus Tchadensis“, *Nature*, nr. 434/7034, 2005, pp. 755–759.
15. Henke *et al.*, 2007.
16. T.D. White, „Human Origins and Evolution: Cold Spring Harbor, Déjà Vu“, *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*, 2009; C. Owen Lovejoy, „Reexamining Human Origins in Light of Ardipithecus Ramidus“, *Science*, nr. 326/ 5949, 2009, pp. 74, 74e1–74e8.
17. Robyn Pickering *et al.*, „Australopithecus Sediba at 1.977 Ma and Implications for the Origins of the Genus Homo“, *Science*, nr. 333/6048, 2011, pp. 1421–1423.
18. Fred Spoor, „Palaeoanthropology: Malapa and the Genus Homo“, *Nature*, nr. 478/7367, 2011, pp. 44–45.
19. Meave G. Leakey *et al.*, „New Fossils from Koobi Fora in Northern Kenya Confirm Taxonomic Diversity in Early Homo“, *Nature*, nr. 488/7410, 2012, pp. 201–204.
20. David Reich *et al.*, „Genetic History of an Archaic Hominin Group from Denisova Cave in Siberia“, *Nature*, nr. 468/7327, 2010, pp. 1053–1060.
21. Richard E. Green *et al.*, „A Draft Sequence of the Neandertal Genome“, *Science*, nr. 328/5979, 2010, pp. 710–722.
22. „Mousterian“, *The Concise Oxford Dictionary of Archaeology*, Oxford University Press, 2003.
23. João Zilhão *et al.*, „Symbolic Use of Marine Shells and Mineral Pigments by Iberian Neandertals“, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, nr. 107/3, 2010, 1023–1028.
24. P. Brown *et al.*, „A New Small-Bodied Hominin from the Late Pleistocene of Flores, Indonesia“, *Nature*, nr. 431/7012, 2004, pp. 1055–1061.
25. P. Brown, T. Maeda, „Liang Bua *Homo Floresiensis* Mandibles and Mandibular Teeth: A Contribution to the Comparative Morphology of a New Hominin Species“, *Journal of Human Evolution*, nr. 57/3, 2009, pp. 571–596.
26. David Reich *et al.*, „Genetic History of an Archaic Hominin Group from Denisova Cave in Siberia“, *Nature*, nr. 468/7327, 2010, pp. 1053–1060.
27. Tim D. White *et al.*, „Pleistocene Homo Sapiens from Middle Awash, Ethiopia“, *Nature*, nr. 423/6941, 2003, pp. 742–747.
28. John G. Fleagle *et al.*, „Paleoanthropology of the Kibish Formation, Southern Ethiopia: Introduction“, *Journal of Human Evolution*, nr. 55/3, 2008, pp. 360–365.
29. „Paleolithic“, *McGraw-Hill Encyclopedia of Science and Technology*, 2005.
30. Paul Gerard Bahn, „Stone Age“, *Microsoft Encarta Online Encyclopedia*, 2005, http://uk.encarta.msn.com/.

31. Stringer, 2011, pp. 125–126.
32. Kyle S. Brown *et al.*, „Fire as an Engineering Tool of Early Modern Humans", *Science*, nr. 325/5942, 2009, pp. 859–862.
33. Steven R. James, „Hominid Use of Fire in the Lower and Middle Pleistocene", *Current Anthropology*, nr. 30/1, 1989, pp. 1–26.
34. http://www.wits.ac.za/academic/research/ihe/archaeology/blombos/7106/blombos-cave.html, accesat la 1 februarie 2012.
35. Botha, Knight, 2009; Christopher S. Henshilwood *et al.*, „Emergence of Modern Human Behavior: Middle Stone Age Engravings from South Africa", *Science*, nr. 295/5558, 2002, pp. 1278–1280; Francesco d'Errico *et al.*, „Additional Evidence on the Use of Personal Ornaments in the Middle Paleolithic of North Africa", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, nr. 106/38, 2009, pp. 16.051–16.056.
36. D'Erico *et al.*, 2009.
37. Richard G. Roberts *et al.*, „The Human Colonisation of Australia: Optical Dates of 53,000 and 60,000 Years Bracket Human Arrival at Deaf Adder Gorge, Northern Territory", *Quaternary Science Reviews*, nr. 13/5, 1994, pp. 575–583.
38. Bahn, 2005.
39. Stringer, 2011, p. 126.
40. James M. Bowler *et al.*, „New Ages for Human Occupation and Climatic Change at Lake Mungo, Australia", *Nature*, nr. 421/6925, 2003, pp. 837–840.
41. Zach Zorich, „A Chauvet Primer", *Archaeology*, nr. 64/2, 2011.
42. Michael Balter, „Going Deeper into the Grotte Chauvet", *Science*, nr. 321/5891, 2008, pp. 904–905.
43. Michael Balter, „Paintings in Italian Cave May Be Oldest Yet", *Science*, nr. 290/5491, 2000, pp. 419–421.
44. http://www.lascaux.culture.fr/#/en/04_00.xml, accesat la 1 februarie 2012.
45. Multe dintre sculpturi au fost expuse într-o expoziție de la British Museum, „Ice Age Art: Arrival of the Modern Mind", vizitată la 17 mai 2013. Vezi și Cook, 2013, și Nicholas J. Conard, „A Female Figurine from the Basal Aurignacian of Hohle Fels Cave in Southwestern Germany", *Nature*, nr. 459/7244, 2009, pp. 248–252.
46. Achim Schneider, „Ice-Age Musicians Fashioned Ivory Flute", *Nature News*, 2004. http://www.nature.com/news/2004/041217/full/news041213-14.html, accesat la 28 ianuarie 2012; Stringer, 2011, pp. 119–120.
47. Colin Renfrew *et al.*, „Introduction. The Sapient Mind: Archaeology Meets Neuroscience", *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, nr. 363/1499, 2008, pp. 1935–1938.
48. Department of Arts of Africa, Oceania, and the Americas, The Metropolitan Museum of Art, 2000. http://www.metmuseum.org/toah/hd/apol/hd_apol.htm, accesat la 15 decembrie 2011.
49. http://www.abc.net.au/news/2010-05-31/megafauna-cave-painting-could-be-40000-years-old/847564, accesat la 15 decembrie 2011.
50. http://whc.unesco.org/en/list/925/, accesat la 15 decembrie 2011.
51. Wolfgang Enard *et al.*, „Molecular Evolution of FOXP2, a Gene Involved in Speech and Language", *Nature*, nr. 418/6900, 2002, pp. 869–872.
52. Weiguo Shu *et al.*, „FOXP2 and FOXP1 Cooperatively Regulate Lung and Esophagus Development", *Development*, nr. 134/10, 2007, pp. 1991–2000.
53. Printre surse se numără Stringer, 2011; Francesco d'Errico, Chris B. Stringer, „Evolution, Revolution or Saltation Scenario for the Emergence of Modern Cultures?", *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, nr. 366/1567, 2011, pp. 1060–1069; Colin Renfrew *et al.*, 2008; Richard E. Green *et al.*, 2010; Richard G. Klein *et al.*, „The Ysterfontein 1 Middle Stone Age Site, South Africa, and Early Human Exploitation of Coastal Resources", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the*

United States of America, nr. 101/16, 2004, pp. 5708–5715; Sally McBrearty, Alison S. Brooks, „The Revolution That Wasn't: A New Interpretation of the Origin of Modern Human Behavior", *Journal of Human Evolution*, nr. 39/5, 2000, pp. 453–563; Tuttle, 2014.
54. Sally McBrearty, Nina G. Jablonski, „First Fossil Chimpanzee", *Nature*, nr. 437/7055, 2005, pp. 105–108.
55. Mark Maslin *et al.*, „A Changing Climate for Human Evolution", *Geotimes*, septembrie 2005. http://www.geotimes.org/sept05/feature_humanclimateevolution.html, accesat la 17 iunie 2014.
56. www.smithsonianmag.com/arts-culture/Q-and-A-Rick-Potts.html, accesat la 31 ianuarie 2012.

Capitolul 27

1. John Hawks *et al.*, „Recent Acceleration of Human Adaptive Evolution", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, nr. 104/52, 2007, pp. 20.753–20.758.
2. Lynn B. Jorde, Stephen P. Wooding, „Genetic Variation, Classification and 'Race'", *Nat Genetics*, nr. 36, 2004, pp. 528–533.
3. Steve Jones, „Is Human Evolution Over?", *UCL Lunchtime Lecture*, 25 octombrie 2008, Londra.
4. Keeley, 1996.
5. LeBlanc, Register, 2003.
6. Hill, Hurtado, 1996.
7. http://www.survivalinternational.org/tribes, accesat la 4 mai 2014.
8. http://www.britannica.com/EBchecked/topic/302707/Jericho, accesat la 4 mai 2014.
9. *The Revised English Bible*, Joshua 6:1–27.
10. Fagan, 2004.
11. *Ibid.*; Kuhrt, 1995.
12. E. Jan Wilson, „Inside a Sumerian Temple: The Ekishnugal at Ur", Donald W. Parry, Stephen David Ricks (eds), *The Temple in Time and Eternity*, Foundation for Ancient Research and Mormon Studies at Brigham Young University, Provo, Utah, 1999; Gavin White, comunicăre personală la 22 și 27 iunie 2012.
13. În afara surselor specificate, informațiile despre Egiptul antic au fost preluate din http://www.digitalegypt.ucl.ac.uk/, accesat la 24 mai 2012, și Romer, 2012.
14. Van de Mieroop, 2011, pp. 163–164.
15. „Stonehenge", *The Concise Oxford Dictionary of Archaeology*, Oxford University Press, 2003; „Stonehenge", *The Columbia Electronic Encyclopedia*, Sixth Edition, Columbia University Press, 2012.
16. Neil Oliver, „Orkney's Stone Age Temple", *A History of Ancient Britain*, BBC HD TV, 1 ianuarie 2012; Rosie Kinchen, „Temple Discovery Rewrites Stone Age", *Sunday Times*, 1 ianuarie 2012, News, p. 10; http://www.scotsman.com/news/cathedral-as-old-as-stonehenge-unearthed-1-764826, accesat la 13 august 2009.
17. Eogan, 1986; O'Kelly, 1991; și vizita autorului din 1993.
18. Printre surse se numără Possehi, 1996; Allchin, Allchin, 1997; „Indus valley civilization", *The Columbia Electronic Encyclopedia*, Sixth Edition, Columbia University Press, 2012; http://www.infinityfoundation.com/mandala/history_overview_frameset.htm, accesat la 27 mai 2012.
19. Vezi, de exemplu: http://www.hindunet.org/hindu_history/ancient/mahabharat/mahab_vartak.html, accesat la 27 mai 2012.
20. Printre surse se numără Lagerwey, Kalinowski, „Anyang", 2009, *The Concise Oxford Dictionary of Archaeology*, Oxford University Press, 2003; http://www.britannica.com/EBchecked/topic/114678/Zhou-dynasty, accesat la 5 mai 2014.
21. Department of Asian Art. „Neolithic Period in China", Heilbrunn *Timeline of Art History*, The Metropolitan Museum of Art, New York. http://www.metmuseum.org/toah/hd/cneo/hd_cneo.htm, octombrie 2004.

22. Printre surse se numără Alonzo, 1995; Morales, 1993; Davies, 1990; și vizitele autorului în 1996 și 1997.
23. Crystal, 1987.
24. Maria del Carmen Rodríguez Martínez *et al.*, „Oldest Writing in the New World", *Science*, nr. 313/5793, 2006, pp. 1610–1614.
25. Ruggles, 2005, pp. 133–134.
26. Hawkins, White, 1971.
27. O'Kelly, 1991.
28. Melville, 2005; Nissen *et al.*, 1993; White, 2008; Eleanor Robson, „Words and Pictures: New Light on Plimpton 322", *American Mathematical Monthly*, 2002, pp. 105–120.
29. http://www-gap.dcs.st-and.ac.uk/~history/HistTopics/Indian_sulbasutras.html, accesat la 29 mai 2012.
30. Subhash C. Kak, „Archaeoastronomy and Literature", *Current Science*, nr. 73/7, 1997, pp. 624–627; S.C. Kak, „The Astronomy of the Age of Geometric Altars", *Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society*, nr. 36/4, 1995, pp. 385–395.
31. „Chinese astronomy", *Dictionary of Astronomy*, John Wiley & Sons, Inc. Wiley-Blackwell, 2004.
32. Needham, Wang, 1959; Needham, Ronan, 1978.
33. Magli, 2009, pp. 172–182.
34. Gabrielle Vail, Christine Hernández, *The Maya Codices Database, Version 3.0.*, 2011, http://www.mayacodices.org, accesat la 18 august 2012.
35. „Akhenaten", *Gale Encyclopedia of Biography*, 2006.
36. *The Upanishads*, 1987, pp. 7–11; Smart, 1992, pp. 53–55.
37. Lagerwey, Kalinowski, 2009, pp. 4–34.
38. Alonzo, 1995, pp. 266–268.
39. *The Revised English Bible*, 2 Kings 17.
40. *Ibid.*, Exodus 7–12.
41. *Ibid.*, Ezekiel 1.
42. *Ibid.*, Isaiah 6:1–7.
43. *Ibid.*, Daniel 8:15–26 și 9:20–27.
44. *Ibid.*, Daniel 10:1–21.
45. *Ibid.*, Job 1:6–22 și 2:1–7.

Capitolul 28

1. Russell, 1946, p. 21.
2. Anthony Quinton, „History of Centres and Departments of Philosophy", 1995, Ted Honderich (ed.), *The Oxford Companion to Philosophy*, Oxford University Press, Oxford, 1995, pp. 670–672.
3. Printre sursele pentru această secțiune se numără *The Upanishads*, 1987; Nagler, 1987; *The Upanishads*, 1884; *The Ten Principal Upanishads*, 1938; Honderich, 1995; Smart, 1992; și vizita de două săptămâni la Mandala Yoga Ashram (Director, Swami Nishchalananda Saraswati), 2002.
4. *Apud* Nagler, 1987, p. 300.
5. *The Upanishads*, 1987, p. 21.
6. Nagler, 1987, p. 253.
7. Jitendra Nath Mohanty, „Philosophy, Indian", *Microsoft Encarta Online Encyclopedia*, 2005. http://uk.encarta.msn.com.
8. Arindam Chakrabarti, „Indian Philosophy", *The Oxford Companion to Philosophy*, 1995, pp. 401–404.
9. David Frawley, comunicare privată, 1 martie 2004.
10. *Apud* Nagler, 1987, p. 256.

11. Printre sursele pentru această secțiune se numără Confucius, 1893; Zhuangzi, 1891; Riegel, 2012; Kwong-loi Shun, „Taoism", *The Oxford Companion to Philosophy*, 1995, pp. 864–865; Fraser, 2012; Hansen, 2012; „Confucianism", *The Columbia Electronic Encyclopedia*, Sixth Edition, Columbia University Press, 2012; Smart, 1992, pp. 103–114; Capra, 2000, pp. 101–118.
12. Confucius, 1893, 15:24.
13. Zhuangzi, 1891, 22:5.
14. Printre sursele pentru această secțiune se numără Russell, 1946, pp. 10–101; Gottlieb, 2001, pp. 1–108; O'Grady, 2006; Couprie, 2006; Curd, 2012; E.L. Hussey, „Heraclitus of Ephesus", *The Oxford Companion to Philosophy*, 1995, pp. 351–352; C.C.W. Taylor, „Sophists", *The Oxford Companion to Philosophy*, 1995, pp. 839–840.
15. Russell, 1946, p. 37.
16. Printre sursele pentru această secțiune se numără *The Revised English Bible*; Armstrong, 2006.
17. Printre sursele pentru această secțiune se numără Arindam Chakrabarti, „Indian Philosophy", *The Oxford Companion to Philosophy*, 1995, pp. 401–404; Frawley, 1992; Batchelor, 1998; Bronkhorst, 2011; Keown, 2003; Mohanty, 2005; Smart, 1992, pp. 55–102; Pauling, 1997; Shun, 1995; și o izolare de nouă zile pentru studiu și meditație la Buddhist Gaia House, Devon, condusă de Stephen Batchelor și Martina Batchelor, câteva meditații îndrumate de o zi la Gaia House London și cursuri și meditații îndrumate la North London Buddhist Centre.
18. Gombrich, 2006. p. 8.
19. Printre sursele pentru această secțiune se numără Hansen, 2012; Fraser, 2012; Smart, 1992, pp. 103–129.
20. Printre sursele pentru această secțiune se numără Gottlieb, 2001, pp. 131–431; Russell, 1946, pp. 102–510; Plato, 1965; Shields, 2012; David Charles, „Aristotelianism", *The Oxford Companion to Philosophy*, 1995, pp. 50–51.
21. *Apud* Gottlieb, 2001, p. 131 [trad. rom. preluată din Platon, *Banchetul sau Despre iubire*, trad., studiu introductiv și note de Petru Creția, Editura Humanitas, București, 2011, p. 164].
22. Marcus Aurelius, *Meditations* VII, 28, *apud* Gottlieb, 2001, p. 314.
23. Plotinus, 2010, VI, 9th Tractate, 10 [trad. rom. preluată din Plotin, *Opere*, vol. I, trad., lămuriri preliminare și note de Andrei Cornea, Editura Humanitas, București, 2003, p. 308 – *n. red.*].
24. *Ibid.*, VI, 9th Tractate, 11 [trad. rom. preluată din Plotin, *Enneade*, în *Opere*, ed. cit., p. 311 – *n. red.*].
25. Anthony Quinton, „History of Centres and Departments of Philosophy", *The Oxford Companion to Philosophy*, 1995, pp. 670–672.

Capitolul 29

1. Roberts, 1989, pp. 75–81.
2. *Apud* Stachel, 2002, p. 89.
3. Ni, 1995.
4. F. Jamil Ragep, „Copernicus and His Islamic Predecessors: Some Historical Remarks", *History of Science*, nr. 45, 2007, pp. 65–81; George Saliba, „Whose Science is Arabic Science în Renaissance Europe?", 2007. http://www.columbia.edu/~gas1/project/visions/case1/sci.1.html#t1, accesat la 30 noiembrie 2012.
5. Gottlieb, 2001, p. 386.
6. *Ibid.*, pp. 402–403.
7. Albert Van Helden, 1995. http://galileo.rice.edu/sci/instruments/telescope.html#4, accesat la 11 mai 2014.

8. Gottlieb, 2001, p. 414.
9. http://www.eso.org/public/teles-instr/e-elt.html, accesat la 8 martie 2013.
10. Munim M Al-Rawi, „The Contribution of Ibn Sina (Avicenna) to the Development of Earth Sciences", *Foundation for Science Technology and Civilisation*, 2002. http://www.muslimheritage.com/uploads/ibnsina.pdf, accesat la 11 mai 2014.
11. Sherwin B. Nuland, „Bad Medicine", *New York Times*, 8 iulie 2007, Book Review.
12. Crick, 1995, p. 3.
13. V.S. Ramachandran, Colin Blakemore, „Consciousness", *The Oxford Companion to the Body*, Oxford University Press, Oxford, 2003.
14. Leda Cosmides, John Tooby, „Evolutionary Psychology: A Primer", 1997. http://www.cep.ucsb.edu/primer.html, accesat la 30 ianuarie 2013.
15. Cosmides, Tooby, 1997; Wright, 1996.
16. Vezi, de exemplu, Ferren MacIntyre, Kenneth W. Estep, „Sperm Competition and the Persistence of Genes for Male Homosexuality", *Biosystems*, nr. 31, 1993/2–3, pp. 223–233.
17. Price, 1965.
18. Peder Larsen, Markus Ins, „The Rate of Growth în Scientific Publication and the Decline în Coverage Provided by Science Citation Index", *Scientometrics*, nr. 84/3, 2010, pp. 575–603.
19. „Life Expectancy", *Gale Encyclopedia of American History*, 2006.
20. Wilson, 1998, pp. 40–41.
21. Bohm, 1980, p. 134 [D. Bohm, *Plenitudinea lumii și ordinea ei*, trad. H.-R. Patapievici, Humanitas, București, 1995, p. 200 – *n. red.*].
22. Schrödinger, 1964.
23. *Apud* Braden, 2008, p. 212, din conferința „Das Wesen der Materie" ținută de Planck în 1944 la Florența.
24. Capra, 2000, p. 25.

Capitolul 30

1. Roth, 2001, p. 555.
2. K. Pollard, „What Makes Us Human?", *Scientific American Magazine*, nr. 300/5, 2009, pp. 44–49.
3. http://www.janegoodall.org/chimpanzees/tool-use-hunting-other-discoveries, accesat la 11 mai 2013.
4. Pinker, 2000, pp. 367–374.
5. Anne-Marie Guihard-Costa, Fernando Ramirez-Rozzi, „Growth of the Human Brain and Skull Slows Down at About 2.5 Years Old", *Comptes Rendus Palevol*, nr. 3/5, 2004, pp. 397–402.
6. Paul Patton, „One World, Many Minds: Intelligence in the Animal Kingdom", *Scientific American Mind*, decembrie 2008, pp. 72–79.
7. Julio Mercader *et al.*, „4,300-Year-Old Chimpanzee Sites and the Origins of Percussive Stone Technology", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, nr. 104/9, 2007, pp. 3043–3048.

Capitolul 31

1. http://www.pepysdiary.com/diary/1660/10/, accesat la 31 martie 2012.
2. http://www.deathpenaltyinfo.org/states-and-without-death-penalty, accesat la 13 mai 2014.
3. Pinker, 2012, pp. 62–63.

4. http://www.pugwash.org/about/manifesto.htm, accesat la 1 aprilie 2013.
5. http://coursesa.matrix.msu.edu/~hst306/documents/indust.html, accesat la 1 aprilie 2013.
6. http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/peace/laureates/2012/, accesat la 31 martie 2012.
7. Vezi, de exemplu, http://www.iranhrdc.org/english/publications/reports/3401-surviving-rape-in-iran-s-prisons.html#.UVn_jHD5hhK, accesat la 1 aprilie 2013.
8. Kropotkin, 1972, p. 114.
9. Cannadine, 2013.
10. Kropotkin, 1972, pp. 113–140.
11. Pentru originile și dezvoltarea mișcării cooperative, vezi Hands, 1975, pp. 13–28.
12. http://ica.coop/en, accesat la 23 martie 2013.
13. http://ica.coop/en/whats-co-op/co-operative-facts-Figurile, accesat la 25 martie 2013.
14. http://www.itu.int/ITU-D/ict/facts/2011/material/ICTFactsFigures2011.pdf, accesat la 5 aprilie 2013.
15. http://www.ericsson.com/news/1775026, accesat la 7 aprilie 2014.
16. Vezi, de exemplu, http://www.hrw.org/news/2013/04/25/bangladesh-tragedy-shows-urgency-worker-protections, accesat la 25 aprilie 2013.
17. Teilhard de Chardin, 1965; Huxley, 1965.

PARTEA A PATRA

Capitolul 32

1. Jimo Borjigin *et al.*, „Surge of Neurophysiological Coherence and Connectivity in the Dying Brain", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 12 august 2013.
2. Sam Parnia *et al.*, „AWARE – AWAreness During Resuscitation – a Prospective Study", *Resuscitation*, nr. 85/12, 2014, pp. 1799–1805.
3. Beauregard, 2012, p. 10.
4. M.A. Persinger *et al.*, „Remote Viewing with the Artist Ingo Swann: Neuropsychological Profile, Electroencephalographic Correlates, Magnetic Resonance Imaging (MRI), and Possible Mechanisms", *Perceptual and Motor Skills*, nr. 94/3, 2002, pp. 927–949.
5. Targ, 2012.
6. Radin, 2009.
7. Radin, 2006.
8. Erich Flammer, Walter Bongartz, „On the Efficacy of Hypnosis: A Meta-Analytic Study", *Contemporary Hypnosis*, nr. 20/4, 2003, pp. 179–197.
9. Vezi, de exemplu, declarația publicată în 1995 de National Institute for Health, „Integration of Behavioral & Relaxation Approaches into the Treatment of Chronic Pain & Insomnia", http://consensus.nih.gov/1995/1995BehaviorRelaxPainInsomniata017PDF.pdf.
10. Carles Grau *et al.*, „Conscious Brain-to-Brain Communication in Humans Using Non-Invasive Technologies", *PLoS One*, nr. 9/8, 2014, e105225.
11. Daniele Fanelli, „How Many Scientists Fabricate and Falsify Research? A Systematic Review and Meta-Analysis of Survey Data", *PLoS One*, nr. 4/5, 2009, e5738.
12. Alexander G. Huth *et al.*, „A Continuous Semantic Space Describes the Representation of Thousands of Object and Action Categories across the Human Brain", *Neuron*, nr. 76/6, 2012, pp. 1210–1224.
13. http://www.ucl.ac.uk/news/news-articles/1009/10091604 16, septembrie 2010.
14. Ellis, 2002, capitolul 8.

Anul specificat între paranteze reprezintă data de apariție a ediției consultate. Acolo unde este cazul, am menționat la capătul titlului și data de apariție a primei ediții.

Adams, Fred, Greg Laughlin (1999), *The Five Ages of the Universe: Inside the Physics of Eternity*, Free Press, New York.

Ahmed, Akbar S. (2007), *Journey into Islam: The Crisis of Globalization*, Brookings Institution Press, Washington, DC.

Allchin, Bridget, F. Raymond Allchin (1997), *Origins of a Civilization: The Prehistory and Early Archaeology of South Asia*, Viking, New Delhi.

Alonzo, Gualberto Zapata (1995), *An Overview of the Mayan World* 1993, Ediciones Alducin, Mérida.

Alvarez, Walter (1997), *T Rex and the Crater of Doom*, Princeton University Press, Princeton, NJ.

Armstrong, Karen (2006), *The Great Transformation: The World in the Time of Buddha, Socrates, Confucius and Jeremiah*, Atlantic, Londra.

Arp, Halton C. (1998), *Seeing Red: Redshifts, Cosmology and Academic Science*, Apeiron, Montreal.

Ayala, Francisco J. (2014), „Evolution", *Encyclopædia Britannica Online*, http://www.britannica.com/EBchecked/topic/197367/evolution; accesat la 7 aprilie 2014.

Barrow, John D., Frank J. Tipler (1996), *The Anthropic Cosmological Principle* 1986, Oxford University Press, Oxford.

Batchelor, Stephen (1998), *Buddhism Without Beliefs: A Contemporary Guide to Awakening* 1997, Bloomsbury, Londra.

Beauregard, Mario (2012), *Brain Wars: The Scientific Battle Over the Existence of the Mind and the Proof That Will Change the Way We Live Our Lives*, HarperOne, New York.

Behe, Michael J. (1996), *Darwin's Black Box: The Biochemical Challenge to Evolution*, The Free Press, New York; Londra.

— (2007), *The Edge of Evolution: The Search for the Limits of Darwinism*, Free Press, New York.

Bohm, David (1980), *Wholeness and the Implicate Order*, Routledge and Kegan, Londra.

Bonner, Paul, John Tyler (1988), *The Evolution of Complexity by Means of Natural Selection*, Princeton University Press, Princeton, NJ.

Botha, Rudolf P., Chris Knight (2009), *The Cradle of Language*, Oxford University Press, Oxford.

Braden, Gregg (2008), *The Spontaneous Healing of Belief: Shattering the Paradigm of False Limits*, Hay House, Londra.

Braibant, Sylvie, *et al.* (2012), *Particles and Fundamental Interactions: An Introduction to Particle Physics*, Springer, Dordrecht; Londra.
Bronkhorst, Johannes (2011), *Buddhism in the Shadow of Brahmanism*, Brill, Leiden.
Bryson, Bill (2004), *A Short History of Nearly Everything* 2003, Black Swan, Londra.
Buddha, The (1997), *Anguttara Nikaya*, trad. Thanissaro Bhikku, http://www.accesstoinsight.org/tipitaka/an/index.html – an04.077.than.
Cairns-Smith, A.G. (1990), *Seven Clues to the Origin of Life: A Scientific Detective Story* 1985, Cambridge University Press, Cambridge.
Cannadine, David (2013), *The Undivided Past: Humanity Beyond Our Differences*, Allen Lane, Londra.
Capra, Fritjof (1997), *The Web of Life: A New Synthesis of Mind and Matter* 1996, Flamingo, Londra.
— (2000), *The Tao of Physics: An Exploration of the Parallels between Modern Physics and Eastern Mysticism* 1975, Shambhala, Boston.
Chang, Raymond (2007), *Chemistry*, McGraw-Hill Higher Education, Boston, MA; Londra.
Chomsky, Noam (2006), *Language and Mind* 1968, Cambridge University Press, Cambridge; New York.
Confucius, *Analects* (1893), trad. James Legge, http://www.sacred-texts.com/cfu/conf1.htm.
Conway Morris, S. (1998), *The Crucible of Creation: The Burgess Shale and the Rise of Animals*, Oxford University Press, Oxford; New York.
— (2005), *Life's Solution: Inevitable Humans in a Lonely Universe* 2003, Cambridge University Press, Cambridge.
Cook, Jill (2013), *Ice Age Art: Arrival of the Modern Mind*, British Museum Press, Londra.
Couprie, Dirk L. (2006), „Anaximander", *The Internet Encyclopedia of Philosophy* 2006, http://www.iep.utm.edu/anaximan/; accesat la 17 iunie 2014.
Coyne, Jerry (2006), „Intelligent Design: The Faith That Dare Not Speak Its Name", în John Brockman (ed.), *Intelligent Thought*, Random House, New York.
Coyne, Jerry A., H. Allen Orr (2004), *Speciation*, Sinauer Associates, Sunderland, MA.
Crick, Francis (1990), *What Mad Pursuit: A Personal View of Scientific Discovery*, Penguin, Londra.
— (1995), *The Astonishing Hypothesis: The Scientific Search for the Soul* 1990, Touchstone, Londra.
Crystal, David (1987), *The Cambridge Encyclopedia of Language*, Cambridge University Press, Cambridge.
Curd, Patricia (2012), „Presocratic Philosophy", în Edward N. Zalta (ed.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, http://plato.stanford.edu/entries/presocratics/; accesat la 17 iunie 2014.
Darwin, Charles (1859), *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*, John Murray, Londra.
— (1861), *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life* 1859, John Murray, Londra.
— (1868), *The Variation of Animals and Plants under Domestication*, John Murray, Londra.
— (1872), *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life* 1859, John Murray, Londra.
— (1882), *The Descent of Man, and Selection in Relation to Sex*, John Murray, Londra.
— (1929), *Autobiography of Charles Darwin: With Two Appendices Comprising a Chapter of Reminiscences and a Statement of Charles Darwin's Religious Views* 1882, Watts and Co., Londra.

— (1958), *The Autobiography of Charles Darwin, 1809–1882: With Original Omissions Restored*, Collins, Londra.
Darwin, Erasmus (1796), *Zoonomia; or, the Laws of Organic Life* 1794, J. Johnson, Londra.
— (1803), *The Temple of Nature; or, the Origin of Society a Poem, with Philosophical Notes*, J. Johnson, Londra.
Darwin, Francis (ed.) (1887), *The Life and Letters of Charles Darwin, Including an Autobiographical Chapter*, John Murray, Londra.
Davies, Nigel (1990), *The Ancient Kingdoms of Mexico* 1982, Penguin, Harmondsworth.
Davies, Paul (1990), *God and the New Physics* 1983, Penguin, Londra.
Dawkins, Richard (1989), *The Selfish Gene* 1976, Oxford University Press, Oxford.
— (1996) (cu o nouă introducere) *The Blind Watchmaker* 1987, Norton, New York; Londra.
Desmond, Adrian J. (1989), *The Politics of Evolution: Morphology, Medicine, and Reform in Radical Londra*, University of Chicago Press, Chicago.
Desmond, Adrian, James R. Moore (1992), *Darwin*, Penguin, Londra.
Dobzhansky, Theodosius (1956), *The Biological Basis of Human Freedom*, Columbia University Press, New York; Londra.
Doolittle, W. Ford (2000), „Uprooting the Tree of Life", *Scientific American* 282, pp. 90–95.
Einstein, Albert (1949), *The World As I See It*, trad. de Alan Harris, Philosophical Library, New York.
Eldredge, Niles (1995), *Reinventing Darwin: The Great Evolutionary Debate*, Weidenfeld and Nicolson, Londra.
Eldredge, Niles, Stephen J. Gould (1972), „Punctuated Equilibria: An Alternative to Phyletic Gradualism", pp. 82–115, în *Models in Paleobiology*, Freeman Cooper, San Francisco.
Eldredge, Niles, Ian Tattersall (1982), *The Myths of Human Evolution*, Columbia University Press, New York; Guildford.
Elgin, Duane (1993), *Awakening Earth: Exploring the Dimensions of Human Evolution*, Morrow, New York.
Elliott, David K. (2000), „Extinctions and Mass Extinctions", în Paul L. Hancock, Brian J. Skinner (eds), în *Oxford Companion to the Earth*, Oxford University Press, Oxford; New York.
Ellis, George (2002), „The Universe around Us: An Integrative View of Science and Cosmology", http://www.mth.uct.ac.za/~ellis/cos8.html; accesat la 13 august 2013.
— (2007), „Issues in the Philosophy of Cosmology", în Jeremy Butterfield, John Earman (eds), *The Philosophy of Physics*, Elsevier, Amsterdam; New Holland.
Eogan, George (1986), *Knowth and the Passage Tombs of Ireland*, Thames and Hudson, Londra.
Fagan, Brian M. (2004), *The Long Summer: How Climate Changed Civilization*, Granta, Londra.
Finkelstein, Israel, Neil Asher Silberman (2001), *The Bible Unearthed: Archaeology's New Vision of Ancient Israel and the Origin of Its Sacred Texts*, Free Press, New York.
Fraser, Chris (2012), „Mohism", în Edward N. Zalta (ed.), *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, http://plato.stanford.edu/entries/mohism/; accesat la 31 august 2012.
Frawley, David (1992), *From the River of Heaven: Hindu and Vedic Knowledge for the Modern Age* 1990, Motilal Banarsidass, Dehli.
Futuyma, Douglas J. (1983), *Science on Trial: The Case for Evolution*, Pantheon Books, New York.
Gehring, W.J. (1998), *Master Control Genes in Development and Evolution: The Homeobox Story*, Yale University Press, New Haven, CN; Londra.
Gombrich, Richard F. (2006), *Theravada Buddhism: A Social History from Ancient Benares to Modern Colombo* 1988, Routledge, Londra.

Gorst, Martin (2001), *Measuring Eternity: The Search for the Beginning of Time*, Broadway Books, New York.
Gottlieb, Anthony (2001), *The Dream of Reason: A History of Western Philosophy from the Greeks to the Renaissance* 2000, Penguin, Londra.
Gould, Stephen Jay (1980), *The Panda's Thumb: More Reflections in Natural History*, Norton, New York; Londra.
— (2002), *The Structure of Evolutionary Theory*, Belknap, Cambridge, MA; Londra.
— (2004), „The Evolution of Life on Earth" 1994, *Scientific American* 14, pp. 92–100.
Graves, Robert (1955), *The Greek Myths*, Penguin Books, Baltimore.
Gregory, T. Ryan (ed.) (2005), *The Evolution of the Genome*, Elsevier Academic Press, Burlington, MA; San Diego, CA; Londra.
Gribbin, John R. (2004), *Deep Simplicity: Chaos, Complexity and the Emergence of Life*, Allen Lane, Londra.
Griffiths, David J. (1987), *Introduction to Elementary Particles*, Harper & Row, New York; Londra.
Guth, Alan H. (1997), *The Inflationary Universe: The Quest for a New Theory of Cosmic Origins*, Jonathan Cape, Londra.
Halliday, Tim (ed.) (1994), *Animal Behavior*, University of Oklahoma Press, Norman.
Hands, John (1975), *Housing Co-operatives*, Society for Co-operative Dwellings, Londra.
Hansen, Chad (2012), „Taoism", în Edward N. Zalta (ed.), *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, http://plato.stanford.edu/entries/taoism/; accesat la 3 august 2012.
Harman, Oren Solomon (2010), *The Price of Altruism: George Price and the Search for the Origins of Kindness*, Bodley Head, Londra.
Harwood, Caroline, Merry Buckley (2008), *The Uncharted Microbial World: Microbes and Their Activities in the Environment*, The American Academy of Microbiology, Washington, DC.
Hawking, Stephen W. (1988), *A Brief History of Time: From the Big Bang to Black Holes*, Bantam, Londra.
Hawkins, Gerald Stanley, John Baker White (1971), *Stonehenge Decoded* 1966, Collins, Londra.
Henke, Winfried, *et al.* (2007), *Handbook of Paleoanthropology*, Springer-Verlag, Berlin.
Heylighen, Francis (1999), „The Growth of Structural and Functional Complexity During Evolution", în F. Heylighen *et al.*, *The Evolution of Complexity*, Kluwer Academic Publishers, pp. 17–44, Dordrecht.
Hill, Kim, A. Magdalena Hurtado (1996), *Aché Life History: The Ecology and Demography of a Foraging People*, Aldine de Gruyter, New York.
The Holy Qur'an (1938), trad. Yusuf Ali, http://www.sacred-texts.com/isl/quran/index.htm.
Honderich, Ted (ed.) (1995), *The Oxford Companion to Philosophy*, Oxford University Press, Oxford.
Hoyle, Fred, Nalin Chandra Wickramasinghe (1978), *Lifecloud: The Origin of Life in the Universe*, Dent, Londra.
Huxley, Julian (1923), *Essays of a Biologist*, Chatto & Windus, Londra.
— (1965), „Introduction", în *The Phenomenon of Man*, Collins, Londra, 1959, pp. 11–28.
Kauffman, Stuart A. (1996), *At Home in the Universe: The Search for Laws of Self-Organization and Complexity* 1995, Penguin, Londra.
Keeley, Lawrence H. (1996), *War before Civilization*, Oxford University Press, New York; Oxford.
Keown, Damien (2003), *A Dictionary of Buddhism*, Oxford University Press, Oxford.
Kimura, Motoo (1983), *The Neutral Theory of Molecular Evolution*, Cambridge University Press, Cambridge.

Kious, W. Jacquelyne, Robert I. Tilling (1996), „This Dynamic Earth: The Story of Plate Tectonics“, versiunea 1.12 http://pubs.usgs.gov/gip/dynamic/dynamic.html – anchor19309449; accesat la 25 aprilie 2008.
Kitcher, Philip (1982), *Abusing Science: The Case against Creationism*, MIT Press, Cambridge, MA; Londra.
Koslowski, Peter (1999), „The Theory of Evolution as Sociobiology and Bioeconomics: A Critique of Its Claim to Totality“, în Peter Koslowski (ed.), *Sociobiology and Bioeconomics: The Theory of Evolution in Biological and Economic Theory*, Springer-Verlag, Berlin, pp. 301–326.
Krieger, Dolores (1993), *Accepting Your Power to Heal: The Personal Practice of Therapeutic Touch*, Bear & Co., Santa Fe, NM.
Krishnamurti, J., David Bohm (1985), *The Ending of Time*, Gollancz, Londra.
— (1986), *The Future of Humanity: A Conversation*, Harper & Row, San Francisco.
— (1999), *The Limits of Thought: Discussions*, Routledge, Londra.
Kropotkin, Peter (1972), *Mutual Aid: A Factor of Evolution* 1914, Allen Lane, Londra.
Kuhn, Thomas S., Ian Hacking (2012), *The Structure of Scientific Revolutions* 1962, The University of Chicago Press, Chicago; Londra.
Kuhrt, Amélie (1995), *The Ancient Near East: c. 3000–330 BC*, Routledge, Londra.
Lack, David Lambert (1947), *Darwin's Finches*, Cambridge University Press, Cambridge.
Lagerwey, John, Marc Kalinowski (2009), *Early Chinese Religion*, Brill, Leiden.
Laszlo, Ervin (2006), *Science and the Reenchantment of the Cosmos: The Rise of the Integral Vision of Reality*, Inner Traditions, Rochester, VT.
Leakey, Richard E., Roger Lewin (1996), *The Sixth Extinction: Biodiversity and Its Survival* 1995, Weidenfeld & Nicolson, Londra.
LeBlanc, Steven A., Katherine E. Register (2003), *Constant Battles: The Myth of the Peaceful, Noble Savage*, St Martin's Press, New York.
Lerner, Eric J. (1992), *The Big Bang Never Happened* 1991, Vintage, New York, NY.
Linde, Andrei (2001), „The Self-Reproducing Inflationary Universe“, *Scientific American*, 26 noiembrie, http://www.sciam.com/specialissues/0398cosmos/0398linde.html; accesat la 17 august 2006.
Lochner, James C., *et al.* (2005), „What Is Your Cosmic Connection to the Elements?“, *Imagine the Universe*, http://imagine.gsfc.nasa.gov/docs/teachers/elements/imagine/contents.html; accesat la 24 iunie 2007.
Lovelock, James (1991), *Healing Gaia: Practical Medicine for the Planet*, Harmony Books, New York.
Lunine, Jonathan Irving (1999), *Earth: Evolution of a Habitable World*,, Cambridge University Press, Cambridge.
Maddox, John (1998), *What Remains To Be Discovered: Mapping the Universe, the Origins of Life, and the Future of the Human Race*, Macmillan, Londra.
Magli, Giulio (2009), *Mysteries and Discoveries of Archaeoastronomy: From Giza to Easter Island*, Copernicus Books, New York; Londra.
Magueijo, João (2003), *Faster Than the Speed of Light: The Story of a Scientific Speculation*, Perseus Book Group, Cambridge, MA.
Maillet, Benoit de (1968), *Telliamed; or, Conversations between an Indian Philosopher and a French Missionary on the Diminution of the Sea*, trad. Albert V Carozz, University of Illinois Press, Urbana.
Margulis, Lynn (1970), *Origin of Eukaryotic Cells: Evidence and Research Implications for a Theory of the Origin and Evolution of Microbial, Plant, and Animal Cells on the Precambrian Earth*, Yale University Press, New Haven; Londra.
Mayr, Ernst (1982), *The Growth of Biological Thought: Diversity, Evolution, and Inheritance*, Belknap Press, Cambridge, MA.

— (1988), *Towards a New Philosophy of Biology*, Belknap, Cambridge, MA.
— (2001), *What Evolution Is*, Basic Books, New York.
McFadden, Johnjoe (2000), *Quantum Evolution*, Flamingo, Londra.
Melville, Duncan J., „Mesopotamian Mathematics“ (2005), *St Lawrence University*, http://it.stlawu.edu/~dmelvill/mesomath; accesat la 25 februarie 2006.
Morales, Demetrio Sodi (1993), *The Maya World* 1989, Minutiae Mexicana, Mexic.
Morowitz, Harold J. (2004), *The Emergence of Everything: How the World Became Complex* 2002, Oxford University Press, New York.
Morris, Desmond (1986), *The Illustrated Naked Ape: A Zoologist's Study of the Human Animal* 1967, Cape, Londra.
Nagler, Michael N. (1987), „Reading the Upanishads“, în *The Upanishads*, trad. Eknath Easwaran, Nilgiri Press, Petaluma, CA, pp. 251–301.
Narlikar, Jayant, Geoffrey Burbidge (2008), *Facts and Speculations in Cosmology*, Cambridge University Press, Cambridge.
Needham, Joseph, Colin A. Ronan (1978), *The Shorter Science and Civilisation in China: An Abridgement of Joseph Needham's Original Text*, Cambridge University Press, Cambridge; New York.
Needham, Joseph, Ling Wang (1959), *Science and Civilisation in China Vol. 3: Mathematics and the Sciences of the Heavens and the Earth*, Cambridge University Press, Cambridge.
Ni, Maoshing (trad.) (1995), *The Yellow Emperor's Classic of Medicine (the Neijing Suwen)*, Shambala Publications, Boston și Londra.
Nissen, H.J., *et al.* (1993), *Archaic Bookkeeping: Early Writing and Techniques of the Economic Administration in the Ancient Near East* 1990, University of Chicago Press, Chicago.
Nitecki, Matthew H. (ed.) (1988), *Evolutionary Progress*, University of Chicago Press, Chicago; Londra.
Noble, Denis (2006), *The Music of Life: Biology Beyond the Genome*, Oxford University Press, Oxford; New York.
O'Grady, Patricia (2006), „Thales of Miletus“, *The Internet Encyclopedia of Philosophy*, 2006, http://www.iep.utm.edu/thales/; accesat la 17 iunie 2014.
O'Kelly, Claire (1991), *Concise Guide to Newgrange*, C. O'Kelly, Blackrock.
Pallen, M. (2009), *The Rough Guide to Evolution*, Rough Guides, Londra.
Pauling, Chris (1997), *Introducing Buddhism* 1990, Windhorse, Birmingham.
Penrose, Roger (1989), *The Emperor's New Mind: Concerning Computers, Minds, and the Laws of Physics*, Oxford University Press, Oxford.
— (2004), *The Road to Reality: A Complete Guide to the Laws of the Universe*, Jonathan Cape, Londra.
Pinker, Steven (2000), *The Language Instinct: The New Science of Language and Mind* 1994, Penguin, Londra.
— (2012), *The Better Angels of Our Nature: A History of Violence and Humanity* 2011, Penguin, Londra.
Plato (1965), *The Republic* 1955, trad. H.D.P. Lee, Penguin, Londra.
Plotinus (2010), *The Six Enneads*, trad. Stephen MacKenna, B.S. Page, Christian Classics Ethereal Library, http://www.ccel.org/ccel/plotinus/enneads.toc.html.
Possehi, Gregory L (1996), „Mehrgarh“, în Brian M. Fagan (ed.), *The Oxford Companion to Archaeology*, Oxford University Press, New York; Oxford.
Price, Derek J. de Solla (1965), *Little Science, Big Science* 1963, Columbia University Press, New York.
Radin, Dean I. (2006), *Entangled Minds: Extrasensory Experiences in a Quantum Reality*, Paraview Pocket, New York.

— (2009), *The Noetic Universe: The Scientific Evidence for Psychic Phenomena* 1997, Corgi, Londra.
Ragan, Mark A., *et al.* (2009), „The Network of Life: Genome Beginnings and Evolution", *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364/1527, pp. 2169–2175.
Reanney, Darryl (1995), *The Death of Forever: A New Future for Human Consciousness* 1991, Souvenir Press, Londra.
Rees, Martin (1997), *Before the Beginning: Our Universe and Others*, Addison-Wesley, Reading, MA.
Rees, Martin J. (2000), *Just Six Numbers: The Deep Forces That Shape the Universe* 1999, Weidenfeld & Nicolson, Londra.
The Revised English Bible (1989), Oxford University Press și Cambridge University Press.
Riegel, Jeffrey (2012), „Confucius", Edward N. Zalta (ed.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, http://plato.stanford.edu/archives/spr2012/entries/confucius/; accesat la 3 august 2012.
The Rig Veda (1896), trad. Ralph Griffith, Internet Sacred Text Archive, http://www.sacred-texts.com/hin/rigveda/rvi10.htm.
Roberts, Royston M. (1989), *Serendipity: Accidental Discoveries in Science*, Wiley, New York.
Romer, John (2012), *A History of Ancient Egypt: From the First Farmers to the Great Pyramid*, Allen Lane, Londra.
Roth, Gerhard (2001), „The Evolution of Consciousness", în Gerhard Roth, Mario F. Wullimann (eds), *Brain Evolution and Cognition*, Wiley, New York, pp. 554–582.
Roughgarden, Joan (2009), *The Genial Gene: Deconstructing Darwinian Selfishness*, University of California Press, Berkeley, CA; Londra.
Rowan-Robinson, Michael (2004), *Cosmology*, Clarendon, Oxford.
Ruggles, C.L.N. (2005), *Ancient Astronomy: An Encyclopedia of Cosmologies and Myth*, ABC Clio, Santa Barbara, CA; Oxford.
Russell, Bertrand (1946), *History of Western Philosophy and Its Connection with Political and Social Circumstances from the Earliest Times to the Present Day*, G. Allen and Unwin Ltd, Londra.
Sapp, Jan (2009), *The New Foundations of Evolution: On the Tree of Life*, Oxford University Press, New York; Oxford.
Schrödinger, Erwin (1964), *My View of the World* 1961, trad. Cecily Hastings, Cambridge University Press, Cambridge.
— (1992), *What Is Life? with Mind and Matter and Autobiographical Sketches* 1944, Cambridge University Press, Cambridge; New York.
Shanahan, Timothy (2004), *The Evolution of Darwinism: Selection, Adaptation, and Progress in Evolutionary Biology*, Cambridge University Press, Cambridge, UK; New York.
Shapiro, James Alan (2011), *Evolution: A View from the 21st Century*, FT Press, Upper Saddle River, NJ.
Sheldrake, Rupert (2009), *A New Science of Life: The Hypothesis of Formative Causation* 1981, Icon, Londra.
Shields, Christopher, „Aristotle", Edward N. Zalta (ed.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (2012), http://plato.stanford.edu/cgi-bin/encyclopedia/archinfo.cgi?entry=aristotle; accesat la 3 august 2012.
Simpson, George Gaylord (1949), *The Meaning of Evolution: A Study of the History of Life and of Its Significance for Man*, Yale University Press, New Haven, CN; Londra.
Singh, Simon (2005), *Big Bang: The Most Important Scientific Discovery of All Time and Why You Need To Know About It* 2004, Harper Perennial, Londra.

Smart, Ninian (1992), *The World's Religions: Old Traditions and Modern Transformations* 1989, Cambridge University Press, Cambridge.
Smith, Charles H., „The Alfred Russel Wallace Page" (1998, 2000–2014), *Western Kentucky University*, http://people.wku.edu/charles.smith/index1.htm; accesat la 19 februarie 2015.
Smolin, Lee (1998), *The Life of the Cosmos* 1997, Phoenix, Londra.
— (2007), *The Trouble with Physics: The Rise of String Theory, the Fall of a Science, and What Comes Next* 2006, Allen Lane, Londra.
Sproul, Barbara C. (1991), *Primal Myths: Creation Myths Around the World*, Harper & Row, San Francisco.
Stachel, John (2002), *Einstein from B to Z*, Birkhäuser, Boston.
Steinhardt, Paul J., Neil Turok (2004), „The Cyclic Model Simplified", Princeton University, http://www.phy.princeton.edu/~steinh/dm2004.pdf, accesat la 11 martie 2007.
Steinhardt, Paul J., Neil Turok (2007), *Endless Universe: Beyond the Big Bang*, Weidenfeld & Nicolson, Londra.
Stringer, Chris (2011), *The Origin of Our Species*, Allen Lane, Londra.
Susskind, Leonard (2005), *Cosmic Landscape: String Theory and the Illusion of Intelligent Design*, Little, Brown and Co., New York.
Targ, Russell (2012), *The Reality of ESP: A Physicist's Proof of Psychic Phenomena*, Quest Books, Wheaton, IL.
Teilhard de Chardin, Pierre (1965), *The Phenomenon of Man* 1959 (ed. engleză), 1955 (originalul francez), trad. Bernard Wall, Collins, Londra.
The Ten Principal Upanishads (1938), trad. Swami Purchit Shree, W.B. Yeats, Faber and Faber, Londra.
Tolman, Richard Chace (1987), *Relativity, Thermodynamics, and Cosmology*, Clarendon Press, Oxford, 1934; Dover Publications, New York.
Tomasello, Michael (2003), *Constructing a Language: A Usage-Based Theory of Language Acquisition*, Harvard University Press, Cambridge, MA; Londra.
Tuttle, Russell Howard, „Human Evolution", *Encyclopædia Britannica Online*, 2014, http://www.britannica.com/EBchecked/topic/275670/human-evolution; accesat la 1 mai 2014.
UNEP (2007), „Global Environment Outlook 4", http://www.unep.org/geo/geo4/report/GEO-4_Report_Full_en.pdf, accesat la 15 iunie 2010.
The Upanishads (1884), trad. Max Müller, Internet Sacred Text Archive, http://www.sacred-texts.com/hin/sbe15.
The Upanishads (1987), trad. Eknath Easwaran, Nilgiri Press, Petaluma, CA.
Van de Mieroop, Marc (2011), *A History of Ancient Egypt*, Wiley-Blackwell, Oxford.
Ward, Peter Douglas, Donald Brownlee (2000), *Rare Earth: Why Complex Life Is Uncommon in the Universe*, Copernicus, New York.
Watson, James D., Gunther S. Stent (1980), *The Double Helix: A Personal Account of the Discovery of the Structure of DNA*, Norton, New York.
Weinberg, Steven (1994), *Dreams of a Final Theory* 1992, Vintage Books, New York.
Weiner, Jonathan (1994), *The Beak of the Finch: The Story of Evolution in Our Time*, Jonathan Cape, Londra.
Wells, Jonathan (2000), *Icons of Evolution: Science or Myth? Why Much of What We Teach About Evolution Is Wrong*, Regnery Publishing, Washington, DC.
White, Gavin (2008), *Babylonian Star-Lore: An Illustrated Guide to the Star-Lore and Constellations of Ancient Babylonia*, Solaris Publications, Londra.
Williams, George C. (1996), *Adaptation and Natural Selection: A Critique of Some Current Evolutionary Thought* 1966, Princeton University Press, Princeton, NJ; Chichester.

Wilson, Edward O. (1998), *Consilience: The Unity of Knowledge*, Little, Brown, Londra.
Wilson, Edward O. (2000), *Sociobiology: The New Synthesis* 1975, Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, MA; Londra.
Woit, Peter (2006), *Not Even Wrong: The Failure of String Theory and the Continuing Challenge to Unify the Laws of Physics*, Jonathan Cape, Londra.
Wright, Robert (1996), *The Moral Animal: Why We Are the Way We Are* 1994, Abacus, Londra.
Zhuangzi (1891), *The Book of Zhuangzi*, trad. James Legge, http://ctext.org/zhuangzi/knowledge-rambling-in-the-north.

Următoarele definiții nu reprezintă singurul sens al termenilor de mai jos, ci sensul precis pe care îl folosesc în această carte. Am alcătuit acest glosar pentru a evita neînțelegerile cu privire la afirmațiile pe care le fac. Cuvintele scrise cu italice sunt definite în alte locuri din glosar.

ADN Acidul dezoxiribonucleic, localizat în celule, conține informația genetică folosită în menținerea și reproducerea tuturor organismelor independente cunoscute și a unor viruși.

Fiecare moleculă de ADN e alcătuită de obicei din două catene lungi cu patru nucleotide dispuse într-o ordine strict determinată; catenele sunt răsucite într-o formă dublu-elicoidală și sunt legate între ele prin punți de hidrogen aflate între bazele complementare adenină (A) și timină (T) sau citozină (C) și guanină (G), astfel încât structura seamănă cu o scară răsucită.

Când ADN-ul este copiat într-o celulă, cele două catene se separă și fiecare din ele are rol de matriță pentru asamblarea unei noi catene complementare pornind de la molecule aflate în celulă.

Catenele ADN servesc de asemenea ca matriță pentru sinteza proteinelor din celulă printr-un mecanism ce folosește un alt acid nucleic, ARN-ul, ca intermediar.

altruism Comportament caracterizat printr-o preocupare dezinteresată pentru binele celorlalți.

aminoacid O *moleculă* alcătuită dintr-un atom de carbon legat de o grupare amino ($-NH_2$), o grupare carboxil (–COOH), un atom de hidrogen și o a patra grupare care diferă de la un aminoacid la altul și care este adesea numită grupare –R sau catenă laterală. Gruparea –R, ce poate varia foarte mult, este răspunzătoare de diferențele în proprietățile chimice ale moleculei.

Archaea (domeniu) *Procariote* care diferă de *bacterii* atât în privința alcătuirii genetice, cât și în privința compoziției membranelor și pereților celulari. Ele includ cea mai mare parte a *extremofilelor*. Deși sunt structural asemănătoare bacteriilor, ADN-ul lor cromozomial și structura lor celulară seamănă mai curând cu cea a *eucariotelor*.

ARN Acidul ribonucleic seamănă cu ADN-ul fiindcă e alcătuit dintr-o catenă cu patru nucleotide dispuse într-o ordine strict determinată, dar în acest caz timina (T) e înlocuită de uracil (U), care, alături de adenină (A), citozină (C) și guanină (G), formează bazele nucleotidelor; structura sa este monocatenară, cu excepția unor viruși.

asteroid Un obiect pietros sau metalic, mai mic decât o *planetă*, dar mai mare decât un *meteorit*, care orbitează în jurul Soarelui sau al altei stele; mai poate fi descris ca o planetă minoră. Orbita celor mai mulți asteroizi din sistemul nostru solar se află între orbitele lui Marte și Jupiter.

astronomie Studiu observațional al sateliților naturali, planetelor, stelelor, galaxiilor și materiei aflate deasupra atmosferei terestre și al mișcărilor lor.

atom Unitatea fundamentală a unui *element* chimic. Este alcătuit dintr-un nucleu central și dens format din *protoni* cu sarcină pozitivă și *neutroni* fără sarcină, în jurul căruia orbitează nori de *electroni* cu sarcină negativă echivalenți ca număr și sarcină cu protonii, astfel încât atomul este neutru din punct de vedere electric. Numărul protonilor determină natura fiecărui element.

Bacteria (domeniu) Organisme unicelulare extrem de mici, a căror informație genetică, codificată într-o buclă de ADN dublu catenar, nu este cuprinsă într-un nucleu prevăzut cu membrană (de aici și denumirea de *procariote*). În plus față de acest nucleoid, celula mai poate conține una sau mai multe plasmide, fragmente separate circulare de ADN care se pot replica independent și nu sunt răspunzătoare de reproducerea organismului. Cele mai multe bacterii se reproduc prin diviziunea în două cópii identice și au diferite forme, inclusiv sfere, bastonașe, spirale și virgule.

barion *Protoni* și *neutroni*, care formează cea mai mare parte a materiei obișnuite, la care se adaugă alte câteva tipuri de particule, precum sigma, delta sau Xi; conform modelului standard al fizicii particulelor, fiecare este compus din trei *cuarci*.

Big Crunch Starea la care ajunge un univers în expansiune ce are o densitate care depășește o anumită valoare critică. Într-o astfel de etapă, gravitația oprește expansiunea și forțează universul să colapseze în starea pe care, după cum se presupune, a avut-o la începuturi.

boson O particulă subatomică cu spin întreg (0, 1 și posibil 2), care nu se supune principiului de excluziune al lui Pauli, ceea ce înseamnă că nu există o limită a numărului de bosoni care pot ocupa o stare cuantică.

Brahma Zeul creator din trinitatea vedică, alături de Vishnu păstrătorul și Shiva distrugătorul. A fost în cele din urmă eclipsat de ultimii doi. A nu se confunda cu *Brahman*.

Brahman Realitatea ultimă, care există în afara spațiului și timpului, din care provin toate și din care sunt făcute în ultimă instanță toate; mai este echivalat cu Spiritul sau Conștiința Cosmică sau cu Dumnezeirea Supremă.

catalizator O substanță, folosită de obicei în cantități foarte mici în raport cu reactivii, care modifică rata reacțiilor chimice fără a fi, la rândul ei, modificată în timpul procesului.

câmp scalar În matematică sau fizică, un câmp scalar asociază o valoare scalară cu fiecare punct din spațiu. Scalarul poate fi un număr matematic sau o cantitate fizică.

chimie Ramură a științei care investighează proprietățile, compoziția și structura substanțelor și modificările pe care acestea le suferă atunci când se combină sau intră în reacție în condiții determinate.

citoplasmă Tot ce se situează în afara nucleului celular și este cuprins de membrana celulară. Citoplasma e alcătuită dintr-un fluid gelatinos, cu o bază apoasă, numit citozol, ce conține săruri, molecule organice și *enzime* și în care plutesc organitele celulare, mecanismul metabolic al celulei.

cromozom Structura ce conține informația genetică a celulei. Într-o celulă eucariotă, cromozomul e reprezentat de o structură filiformă de ADN dublu catenar înfășurată în jurul unui miez proteic din interiorul nucleului celular; pe lângă acest cromozom nuclear, celula mai poate conține alți cromozomi mai mici, prezenți, de exemplu, în *mitocondrii*. În cazul unei celule procariote cromozomul e reprezentat de o singură

buclă strânsă de ADN. Celula mai poate conține una sau mai multe formațiuni circulare mici de ADN, numite *plasmide*.

cladistică Un sistem pentru clasificarea organismelor vii doar pe baza acelor caracteristici care există la toți urmașii unui strămoș comun. Se bazează pe ipoteza descendenței cu modificări; o asemenea clasificare genealogică în clade (termenul vine de la echivalentul grecesc pentru „ramură") produce o cladogramă sau un arbore genealogic.

cogniție Facultatea mentală care permite cunoașterea – prin intermediul unor procese de tipul percepției, reprezentării, introspecției, gândirii, memoriei sau creativității – și care diferă de experiențele afective sau volitive.

colaborare Toate formele de activitate desfășurată laolaltă, incluzând *cooperarea* și *colectivism*.

colectivism Colaborare involuntară determinată de instinct, de învățare condiționată sau de coerciție.

cometă Un corp de mici dimensiuni, cu un diametru nu mai mare de câțiva kilometri, care conține bucăți de gheață, gaze înghețate, fragmente de piatră și praf și posibil un miez solid, numit de multe ori bulgăre de zăpadă murdară. Cometele au orbite alungite și excentrice, de obicei puternic înclinate în raport cu planul orbitei Pământului. Când trec foarte aproape de Soare produc adesea pungi gazoase și cozi incandescente.

complex Un întreg compus din părți distincte interconectate.

complexificare Procesul prin care un lucru devine mai *complex*.

complexitate Starea/proprietatea de a fi *complex*.

conjectură O opinie sau o concluzie bazată pe dovezi incomplete sau neconcludente; o *speculație*.

conștiință Percepere a mediului înconjurător, a celorlalte organisme și a propriului sine care poate conduce la acțiune; o proprietate deținută de toate organismele, în diferite grade, de la nivelurile rudimentare, la organismele foarte simple, până la nivelurile sofisticate, la organismele cu un sistem cerebral complex. (Am definit conștiința în așa fel încât să poată fi diferențiată de *conștiința reflexivă*.)

conștiință reflexivă Proprietate a unui organism prin care el este conștient de propria conștiință, adică nu numai că știe, dar și știe că știe; capacitate a unui organism de a se gândi la sine și la relația sa cu universul.

cooperare Colaborare voluntară pentru atingerea unor obiective stabilite în comun sau pentru beneficiul reciproc.

cosmologie Studiul originii, naturii și structurii la scară largă a *Universului*, care include distribuția și relațiile dintre galaxii, roiuri de galaxii și obiecte cvasistelare.

cosmos Tot ceea ce există, incluzând dimensiuni ipotetice diferite de cele trei dimensiuni spațiale și dimensiunea temporală pe care le percepem, plus alte universuri cu care nu avem nici un fel de contact fizic și despre care nu putem obține informații prin observație sau experiment.

creativitate Abilitatea de a folosi *imaginația* pentru a crea lucruri noi, precum idei, soluții la probleme, imagini, sunete, mirosuri, gusturi sau artefacte.

cuarci Grup de particule fundamentale din care sunt formați *protonii*, *neutronii* și alte particule care simt *interacțiunea tare*.

cultură umană Cunoașterea, credințele, valorile, organizarea, obiceiurile, creativitatea exprimată prin artă și inovația exprimată prin *știință* și *tehnologie* specifice unei societăți, învățate și dezvoltate de membrii respectivei societăți și transmise de la unii la alții, de la o generație la alta.

cunoaștere Informații cu privire la un lucru obținute prin experiență, inferență, intuiție sau educație.

darwinism Ipoteza conform căreia toate speciile aceluiași gen au evoluat dintr-un strămoș comun. Principala cauză a acestei evoluții biologice este selecția naturală sau *supraviețuirea celui mai adaptat*, mecanism prin intermediul căruia descendenții ale căror variații le permit să fie mai bine adaptați pentru a concura cu alți membri ai speciei lor pentru supraviețuirea într-un mediu înconjurător dat vor trăi mai mult și vor produce mai mulți descendenți decât cei mai puțin adaptați. Aceste variații avantajoase sunt cumva moștenite și, după mai multe generații, vor ajunge să domine populația din acel mediu înconjurător, în timp ce posesorii variațiilor mai puțin avantajoase vor fi uciși, vor muri de foame sau vor dispărea. Selecția sexuală a trăsăturilor favorabile reproducerii și folosirea sau nefolosirea organelor sunt de asemenea moștenite și produc evoluție biologică.

deducție Un proces de raționare în care concluzia va fi în mod necesar adevărată dacă premisele pe care se bazează sunt adevărate; *inferență* de la general la particular.

derivă genetică Variația frecvenței alelelor (perechi de gene) din cadrul unei populații mici care se petrece mai degrabă în urma unor evenimente întâmplătoare decât prin *selecție naturală*. Este posibil ca unele trăsături genetice ale unei populații să se piardă sau, dimpotrivă, să devină larg răspândite indiferent dacă favorizează sau nu supraviețuirea sau reproducerea indivizilor acelei populații.

dharma Cuvânt sanscrit provenit din *Upanișadele* vechii Indii. Se referă la legea naturală care rânduiește funcționarea universului și la comportamentul indivizilor în conformitate cu această lege. Acest concept este folosit în hinduism, budism și jainism.

dualism Speculația sau credința că există două elemente constitutive fundamentale ale universului: materia și mintea (sau conștiința).

electron O particulă fundamentală ce intră în alcătuirea fiecărui *atom*. Are o sarcină electrică negativă (aproximativ $1{,}6 \times 10^{-19}$ coulombi), iar masa sa este aproximativ 1/1836 din aceea a unui *proton*, care are sarcină pozitivă.

element O substanță care nu poate fi descompusă în alte substanțe prin mijloace chimice. Toți *atomii* care aparțin aceluiași element au același *număr atomic*.

emergență Apariția uneia sau mai multor proprietăți noi ale unui întreg complex pe care nici una dintre părțile sale componente nu le posedă. „Emergența slabă" se petrece atunci când proprietățile noi, ce apar la nivel superior, sunt explicate numai prin interacțiunea părților componente. „Emergența tare" se petrece atunci când proprietățile noi, ce apar la nivel superior, nu pot fi nici reduse și nici anticipate prin interacțiunea părților componente. „Emergența sistemelor" se petrece atunci când proprietățile noi, ce apar la nivel superior, interacționează în mod cauzal cu proprietăți de nivel inferior; această cauzalitate descendentă și totodată ascendentă face adesea parte dintr-o abordare centrată pe sisteme care, spre deosebire de abordarea reducționistă, privește fiecare componentă ca o parte interdependentă a întregului.

endosimbioză Asociere în care un organism mai mic trăiește în interiorul unui organism mai mare, de obicei în condiții de colaborare, fiecare organism hrănindu-se cu excrețiile metabolice ale celuilalt (vezi și *simbioză* și *simbiogeneză*).

entropie O măsură a gradului de dezordine sau dezorganizare a părților componente ale unui sistem închis; o măsură a energiei care nu poate fi utilizată. Cu cât este mai mică entropia, cu atât crește gradul de organizare a părților componente și, prin urmare, se obțin mai multă energie utilizabilă și mai multe informații prin observarea configurației sale. La punctul de maximă entropie, configurația este aleatorie și

uniformă, fără vreo structură și fără energie utilizabilă; acest moment apare atunci când sistemul a atins o stare de echilibru. Statistic, se exprimă prin formula:

$$S = k \ln \Omega$$

unde S reprezintă entropia; k este o constantă, numită constanta lui Boltzmann, după fizicianul care a formulat ecuația; *ln* este logaritmul natural; iar Ω este numărul situațiilor în care pot apărea stări de echilibru.

enzimă Catalizator biologic sau element chimic care accelerează reacția chimică fără a fi consumat în cursul reacției respective. Astfel de catalizatori sunt esențiali pentru funcționarea unui organism, deoarece fac posibile procese care, altminteri, s-ar petrece mult prea lent fără adaos de energie (măsurată prin creșterea temperaturii) necesară pentru activarea reacției, putând să deterioreze sau să distrugă organismul.

epigenetică Studiul mecanismelor de reglare genetică ce produc modificări în *fenotipul* unui organism fără a antrena însă modificări ale secvențelor de ADN ale genelor propriu-zise.

epistemologie Ramură a gândirii care investighează natura, sursele, validitatea, limitele și metodele cunoașterii umane.

echinocțiu Cele două zile ale anului în care Soarele se află exact deasupra ecuatorului, iar ziua și noaptea sunt aproximativ egale pe toată suprafața Pământului. Echinocțiul de primăvară începe în jurul datei de 21 martie, iar cel de toamnă, în jurul datei de 22 septembrie.

estetică Ramură a gândirii care încearcă să înțeleagă și să comunice esența frumuseții în natură și în creațiile umane.

etică Ramură a gândirii care evaluează comportamentul uman și încearcă deseori să creeze coduri de bună comportare între indivizi, între un individ și un grup de indivizi (precum o societate sau un stat) și între grupuri de indivizi.

eucariote Organisme ale căror celule încorporează un nucleu ce conține informația genetică a celulei și e delimitat de o membrană, la care se adaugă organite, adică structuri separate ce îndeplinesc funcții specifice. Aceste organisme sunt mai mari și mult mai complexe structural și funcțional decât *procariotele*, cuprinzând organisme unicelulare, precum amiba, și toate organismele pluricelulare, precum plantele, animalele și oamenii.

evoluție Un proces de schimbare prin care trece un anumit lucru, mai ales de la o stare simplă la una mai complexă (vezi și *evoluție biologică*).

evoluție biologică Un proces de modificare a organismelor ce are ca rezultat noi specii.

evoluție biologică, prima lege a ~ Competiția și schimbările rapide ale mediului înconjurător duc la dispariția speciilor.

evoluție biologică, a doua lege a ~ Colaborarea duce la evoluția speciilor.

evoluție biologică, a treia lege a ~ Ființele vii evoluează prin creșterea complexității și a centralizării de-a lungul liniilor descendente care fuzionează unele cu altele și se ramifică, ducând la stază în toate cazurile, cu excepția unei singure linii descendente.

evoluție biologică, a patra lege a ~ Dezvoltarea *conștiinței* se corelează cu creșterea *colaborării*, a *complexificării* și a centralizării.

extincție filetică sau pseudoextincție *Specia* evoluează într-una sau mai multe specii noi; prima specie a dispărut, dar linia evolutivă continuă.

extincție terminală *Specia* încetează să mai existe, fără a lăsa nici un descendent evoluat.

extremofilă Organism care trăiește în condiții extreme de căldură și presiune sau în medii chimice precum cele cu aciditate mare sau o mare concentrație de sare.

fenomen Ceva ce poate fi perceput sau experimentat prin simțuri.

fenotip Caracteristicile observabile ale unui organism, precum mărimea, forma, culoarea sau comportamentul.

filogenetică Studiul relațiilor evolutive dintre diferite grupuri de organisme, în special al tiparelor de divergență evolutivă.

filozofie Iubirea de înțelepciune; gândirea despre realitatea fundamentală, esența și cauzele lucrurilor, lumea naturală, comportamentul uman și gândirea în sine.

filozofie naturală Ramură a gândirii care investighează și încearcă să înțeleagă lumea naturală percepută prin intermediul celor cinci simțuri și funcționarea ei.

fisiune binară Divizarea unei celule în două, astfel încât fiecare celulă produsă este identică cu celula inițială, ajungând de obicei la aceeași dimensiune cu aceasta.

fizicalism Speculația sau credința că numai materia fizică este reală și că toate celelalte lucruri, precum mintea, conștiința sau gândurile, vor fi explicate în cele din urmă ca lucruri fizice sau ca interacțiuni ale acestora. Numit și *materialism*, fizicalismul cuprinde o perspectivă mai largă asupra caracterului fizic decât cea care se rezumă la materie, luând în considerare, de exemplu, forțe non-materiale care au la bază materia, precum gravitația.

fizică Ramură a *științei* care studiază materia, energia, forța și mișcarea și relațiile dintre ele.

foton O cuantă de lumină sau de orice altă formă de energie electromagnetică care posedă atât proprietăți de particulă, cât și proprietăți de undă, are masă zero, nu are sarcină electrică și are o durată de viață indefinit de lungă.

gaură neagră Un obiect cu un câmp gravitațional foarte puternic, din care nu poate scăpa nimic, nici măcar lumina, pentru că viteza de care ar fi nevoie pentru acest lucru ar trebui să fie mai mare decât cea a luminii. Se presupune că găurile negre iau naștere prin colapsarea unor stele cu masa de câteva ori mai mare decât cea a Soarelui atunci când combustibilul lor nuclear se epuizează. O gaură neagră poate dobândi o masă tot mai mare atunci când puternicul ei câmp gravitațional absoarbe obiectele din jur. Dovezile sugerează că aceste obiecte emit radiație de corp negru, dar efectul este semnificativ numai pentru găurile negre foarte mici.

gândire filozofică Cea de-a doua etapă a *conștiinței reflexive*, atunci când reflecția asupra sinelui și a relației acestuia cu universul trece de la *superstiție* la *filozofie*.

gândire primitivă Prima etapă a *conștiinței reflexive*, atunci când reflecția despre sine și despre relațiile cu restul universului este centrată în principal pe supraviețuire și *superstiție*.

gândire științifică Cea de-a treia etapă a *conștiinței reflexive*, atunci când reflecția asupra sinelui și a relației sale cu restul universului capătă o dimensiune empirică.

genă Unitatea fundamentală a eredității, alcătuită în mod normal din segmente de ADN (la unii viruși genele sunt alcătuite din segmente de *ARN*, nu de *ADN*); secvența bazelor din fiecare genă determină caracteristicile eredității individuale, de obicei prin codificarea sintezei de *proteine*. Segmentele sunt de obicei separate, astfel încât unele părți se află în zone mai îndepărtate ale *cromozomului* și se suprapun cu alte gene.

genom Întregul conținut genetic al unui organism, format din lanțuri lungi, numite *cromozomi*, din molecule de *ADN* sau, în cazul anumitor viruși, de *ARN*. Include *genele*, regiunile de codificare a ADN-ului, care sunt transcrise în *proteine* și molecule de ARN, dar și din regiuni care nu codifică.

genotip Alcătuirea genetică a unui organism, distinctă de caracteristicile sale fizice (vezi *fenotip*).

gravitație Un fenomen natural prin care corpurile par să se atragă printr-o forță proporțională cu masele lor, descrisă de Newton, dar modificată de teoria relativității. Vezi *interacțiune gravitațională*.

gravitație cuantică Mult-așteptata teorie cuantică a gravitației, care ar unifica energia gravitațională și alte forme de energie într-un singur cadru teoretic cuantic.

idealism Speculația sau credința că lucrurile materiale nu există în mod autonom, ci sunt numai construcții ale *minții* sau ale *conștiinței*.

imaginație Abilitatea *minții* de a forma imagini, senzații și idei care nu au fost observate empiric, inclusiv ale unor lucruri imposibile, precum un om cu cap de leu.

inducție Metodă ce constă în acumularea faptelor, detectarea tiparelor și producerea unei concluzii generale sau a unei legi plecând de la acele tipare. Concluzia ar putea fi adevărată, dar nu este în mod necesar adevărată, din moment ce e o concluzie obținută printr-o *deducție* ce pornește de la premise valide.

inferență Un proces de raționare plecând de la premise și fapte cunoscute, prin care se formulează o concluzie ce ar putea fi sau este în mod necesar adevărată (vezi *deducție* și *inducție*).

inginerie Aplicarea cunoștințelor pe care le avem despre lumea reală, obținute de obicei prin intermediul *științei*, pentru producerea unor mijloace care să ne permită atingerea obiectivelor dorite.

intelect Abilitatea de a învăța, de a raționa sau de a înțelege.

inteligență Capacitatea de a dobândi și de a aplica cu succes informații cu un anumit scop, mai ales în situații noi sau provocatoare.

interacțiune electromagnetică Forță asociată cu câmpurile magnetice și electrice, care sunt manifestări ale unui unic câmp electromagnetic. Ea guvernează interacțiunile dintre două particule încărcate electric, de exemplu un *proton* și un *electron*, și este responsabilă pentru interacțiunile chimice și pentru propagarea luminii. La fel ca *interacțiunea gravitațională*, are o rază de acțiune infinită, iar intensitatea ei este invers proporțională cu pătratul distanței dintre particule; spre deosebire de interacțiunea gravitațională, poate fi atât atractivă, când cele două sarcini electrice sunt diferite (una pozitivă, una negativă), cât și repulsivă, când cele două sarcini sunt de același fel (amândouă pozitive sau amândouă negative). Interacțiunea electromagnetică dintre atomi este de 10^{36} ori mai puternică decât interacțiunea lor gravitațională, adică este de un milion de miliarde de miliarde de miliarde de miliarde de ori mai puternică. Conform modelului standard al fizicii particulelor, această interacțiune operează prin schimbul unei particule-mesager sau purtătoare – fotonul, care nu are masă – între particulele încărcate electric.

interacțiune gravitațională În fizica newtoniană, forța gravitațională este o forță instantanee de interacțiune între toate particulele care au masă nenulă. Dintre cele patru interacțiuni fundamentale (vezi *interacțiune electromagnetică*, *interacțiune tare* și *interacțiune slabă*), este singura universală. Raza sa de acțiune este infinită, se manifestă întotdeauna prin atracție, iar intensitatea ei se obține din produsul maselor împărțit la pătratul distanței dintre centrele de masă ale particulelor și apoi înmulțit cu o constantă universală, G, numită constanta gravitațională a lui Newton.
Expresia ei matematică este următoarea:

$$F = \frac{G m_1 m_2}{r^2}$$

unde F este forța gravitațională, m_1 și m_2 sunt masele, r este distanța dintre centrele de masă, iar constanta G este un număr extrem de mic, $6{,}67 \times 10^{-11}$ metri^3 (kilogram-secundă^2)$^{-1}$. În teoria relativității nu este însă o forță, ci o deformare a spațiului-timp provocată de masă, și nu este instantanee.

interacțiune slabă Unul dintre cele patru tipuri de interacțiuni între particulele elementare ale materiei (vezi și *interacțiune electromagnetică*, *interacțiune tare* și *interacțiune gravitațională*). Joacă un rol important în transformarea particulelor în alte particule, de exemplu printr-un anume tip de dezintegrare radioactivă. Este responsabilă pentru transformarea unui electron și a unui proton într-un neutron și un neutrino, un stadiu esențial în reacțiile nucleare din interiorul stelelor. Este cu câteva ordine de mărime mai slabă decât interacțiunea electromagnetică și cu mult mai slabă decât interacțiunea nucleară tare, raza ei de acțiune fiind de aproximativ o miime din diametrul nucleului atomic.

interacțiune tare Unul dintre cele patru tipuri de interacțiuni fundamentale între particulele elementare ale materiei (vezi *interacțiune electromagnetică*, *interacțiune slabă* și *interacțiune gravitațională*). Se consideră că interacțiunea tare este forța care ține cuarcii laolaltă pentru a forma protoni, neutroni și alți hadroni și care leagă protonii și neutronii pentru a forma nucleul unui atom, învingând astfel forța electrică repulsivă a protonilor încărcați pozitiv. Putem spune deci că este interacțiunea responsabilă pentru stabilitatea materiei. Raza ei de acțiune este aproximativ cât diametrul unui nucleu atomic, iar la această scară intensitatea ei este de circa 100 de ori mai mare decât cea a interacțiunii electromagnetice.

intuiție Înțelegerea clară a esenței unui lucru, de obicei în mod neașteptat, după o meditație disciplinată sau după o încercare nereușită de a ajunge la această înțelegere prin raționament (vezi *intuiție mistică*, *intuiție spirituală*, *intuiție științifică*, *intuiție matematică*, *intuiție psihologică*, *intuiție etică* și *intuiție artistică*; dar și *raționare*).

intuiție artistică Înțelegerea directă care are ca rezultat crearea unor lucrări vizuale, muzicale sau scrise frumoase sau stimulative din punct de vedere intelectual.

intuiție etică Înțelegerea directă a modului în care oamenii ar trebui să se comporte ca indivizi sau ca grup față de alți indivizi sau de alte grupuri și, adesea, a cauzelor pentru care ar trebui să se comporte în acest mod.

intuiție matematică Înțelegerea directă a proprietăților sau a relațiilor dintre numere, forme reale și abstracte și, adesea, a regulilor care guvernează aceste relații.

intuiție mistică Înțelegere directă a realității ultime: esența și cauza tuturor lucrurilor.

intuiție psihologică Înțelegerea directă a modului în care gândesc și se comportă indivizii sau grupurile de indivizi și a cauzelor acestui mod de a gândi și de a se comporta.

intuiție spirituală O presupusă revelație de la divinitate sau de la mesagerii săi care de regulă îl îndeamnă pe cel ce o primește să stabilească anumite obiective pentru credincioși.

intuiție științifică Înțelegerea directă a esenței sau cauzelor fenomenelor naturale, ale interacțiunilor sau ale altor relații dintre ele și, adesea, ale regulilor care guvernează aceste interacțiuni și relații.

instinct Reacție înnăscută și impulsivă la stimuli determinată de obicei de necesități biologice cum ar fi supraviețuirea și reproducerea.

invenție Abilitatea de a face ceva nou, fie prin folosirea creativă a *imaginației*, fie prin încercare și eroare.

ion Un *atom* care a pierdut sau a dobândit unul sau mai mulți electroni și care a ajuns să aibă astfel o sarcină pozitivă sau negativă.

ipoteză O teorie provizorie construită pentru a explica un fenomen sau un ansamblu de fenomene și folosită ca punct de plecare pentru o investigație mai avansată; de obicei, la o ipoteză se ajunge fie prin observație, fie prin raționamente inductive, atunci când dovezile examinate se dovedesc insuficiente; orice ipoteză trebuie să fie falsificabilă.

izotop Atomii cu același *număr atomic*, dar cu un număr diferit de neutroni – și astfel cu mase diferite – sunt numiți izotopi ai *elementului.*

izotrop Care are proprietăți fizice ce nu variază în nici o direcție. Un univers izotrop ce nu pare să varieze în nici o direcție este *omogen.*

lege (științifică sau naturală) Un enunț general și succint, care poate fi testat prin observație sau experiment și pentru care nu au fost descoperite rezultate contrare repetabile, conform căruia o gamă de fenomene naturale se comportă invariabil la fel în anumite limite specificate. De obicei, este exprimat printr-o singură ecuație matematică. Rezultatul aplicării unei astfel de legi poate fi prezis cunoscând valorile variabilelor care specifică fenomenul luat în considerare. Vezi și *principiu* sau *teorie.*

legea interpretării datelor Gradul în care un om de știință se îndepărtează de o interpretare obiectivă a datelor obținute în urma investigației sale depinde de patru factori: hotărârea sa de a valida o ipoteză sau de a confirma o teorie, timpul dedicat investigației științifice, investiția emoțională și nevoia de a publica o lucrare semnificativă pentru cariera sa ori de a-și salva reputația.

lepton Grup de particule fundamentale care nu participă la *interacțiunea tare.* Un lepton poate purta o unitate de sarcină electrică, precum *electronul*, sau poate fi neutru, precum neutrino.

limbaj Comunicarea unor trăiri, narațiuni, explicații sau idei printr-o structură complexă, învățată, de simboluri orale sau scrise sau sub formă de semne, care transmite un înțeles în cultura în care este folosită.

logică Ramură a gândirii care își propune să deosebească sistematic inferențele valide de cele nevalide cu ajutorul unor legi ce vizează în principal raționamentul deductiv și cel inductiv.

lungime Planck, l_p Cea mai mică unitate de lungime în oricare dintre teoriile cuantice ale gravitației: sub această lungime, fluctuațiile cuantice sunt incompatibile cu spațiul-timp continuu din teoria relativității.
Matematic, se exprimă prin $l_p = \sqrt{(\hbar G/c^3)}$ și este de aproximativ 10^{-35} metri.
(Vezi *unități Planck* pentru explicitarea simbolurilor.)

MACHO Massive Compact Halo Objects sunt forme de materie foarte densă, precum găurile negre, piticele brune și alte stele cu luminozitate scăzută – preferate de astrofizicieni pentru a explica *materia întunecată.* Vezi și *WIMP.*

masă Planck, m_p Masa celei mai mari particule elementare ipotetice; dacă ar avea o masă mai mare, particula ar fi copleșită de propria forță gravitațională și ar colapsa într-o gaură neagră.
Matematic, se exprimă astfel:
$m_p = \sqrt{(\hbar c/G)}$ și are o valoare de aproximativ 10^{19} mase protoni sau 10^{-5} grame.
(Vezi *unități Planck* pentru explicitarea simbolurilor.)

materialism Speculația sau convingerea că numai lucrurile sau fenomenele materiale sunt reale și că toate lucrurile (precum mintea, conștiința sau gândurile) vor fi în cele din urmă explicate ca obiecte fizice (vezi *fizicalism*).

mecanică cuantică Teoria care explică comportamentul materiei la scară atomică sau subatomică pe baza *teoriei cuantice* și care include *principiul de incertitudine* al lui Heisenberg și *principiul de excluziune al lui Pauli.*

megavers Un prezumtiv *univers* cu mai multe dimensiuni în care există universul nostru cu trei dimensiuni spațiale. Conform unor ipoteze *cosmosul* cuprinde mai multe megaversuri.

metafizică Ramură a gândirii care investighează și încearcă să înțeleagă realitatea fundamentală sau esența și cauza tuturor lucrurilor, fie ele materiale sau imateriale.

meteor Rază de lumină pe cerul nopții produsă de un corp solid, numit *meteorit*, încălzit până la incandescență prin fricțiune în momentul în care intră în atmosfera pământului sau a altei planete.

meteorit Corp natural solid care ajunge la suprafața unei planete după ce trece prin atmosfera acesteia.

metoda științifică (teoretic)

1. Datele cu privire la un fenomen studiat sunt colectate prin observație sistematică sau prin experiment.
2. Pe baza acestor date este dedusă o concluzie, sau ipoteză, provizorie.
3. Predicțiile deduse din această ipoteză sunt testate prin observații sau experimente ulterioare.
4. Dacă aceste teste confirmă predicțiile și mai mulți observatori independenți obțin aceleași confirmări, atunci ipoteza este acceptată ca teorie științifică, până când noi date intră în contradicție cu teoria.
5. Dacă apar date noi care intră în contradicție cu teoria, atunci teoria este fie modificată, fie abandonată în favoarea unei noi ipoteze, care se potrivește cu toate datele.

minte Ceea ce concepe, percepe, raționează, dorește și își amintește.

mit Poveste tradițională, fictivă în parte sau în întregime, care implică cu precădere ființe supranaturale, strămoși sau eroi și care explică anumite fenomene naturale sau sociale sau anumite practici culturale sau religioase.

mitocondrie Un organit celular acoperit de o membrană și situat în *citoplasma* celor mai multe celule eucariote; funcția sa primară este aceea de a genera energie.

Modelul standard al fizicii particulelor Încearcă să explice existența și interacțiunile a tot ceea ce există și putem vedea în univers, cu excepția gravitației, în termenii particulelor elementare și ai mișcărilor lor. În momentul de față sunt clasificate 17 tipuri de particule elementare, grupate în trei categorii: cuarci, leptoni și bosoni. Când sunt luate în considerare antiparticulele și modelele de bosoni corespunzătoare, se ajunge la un număr total de 61 de particule elementare.

moleculă Cea mai mică unitate fizică a unei substanțe care poate să existe independent, formată dintr-un *atom* sau din mai mulți atomi legați între ei prin *electronii* pe care-i pun în comun.

monism Speculația sau credința că toate lucrurile sunt formate din și pot fi reduse în ultimă instanță la o realitate sau la un principiu ultim. Poate lua forma *materialismului* (sau *fizicalismului*), *idealismului* sau *monismului neutru*. Se opune *dualismului* și *pluralismului*.

monism neutru Speculația sau credința că atât entitățile fizice, cât și entitățile mentale pot fi reduse la un al treilea tip de entitate.

monopol magnetic O particulă ipotetică ce are numai un pol de sarcină magnetică (un pol nord fără pol sud sau invers) în locul celor doi care se manifestă în mod normal.

moralitate Deprinderea unor comportamente bune sau corecte.

morfologie Mărimea, forma și structura unui organism; studiul acestora.

moștenire epigenetică Transmiterea de la celula-părinte la celula-fiică, prin replicare asexuată sau prin reproducere sexuată, a unor variații ce produc variații la nivelul caracterelor organismului, dar nu și la cel al secvenței de baze ale ADN-ului.

multivers Un cosmos prezumtiv care conține *universul* nostru și o multitudine sau chiar o infinitate de alte universuri cu care nu avem nici un contact fizic și despre care nu putem obține informații observabile sau experimentale. Au fost propuse mai multe tipuri de multivers, fiecare având proprietăți diferite.

neodarwinism Sinteza *selecției naturale* darwiniene cu genetica mendeliană și genetica populațiilor, în care variații genetice aleatorii sunt responsabile pentru caracterele care îi fac pe indivizii populației unei specii să fie mai bine adaptați să concureze pentru resursele din mediul înconjurător, să supraviețuiască mai mult timp și să producă un număr mai mare de descendenți. Aceste gene favorabile sunt astfel moș-

tenite în proporție din ce în ce mai mare, astfel încât fondul comun de gene – totalul genelor unei populații – se schimbă treptat, timp de multe generații, până la apariția unor noi *specii*. Membrii populației cărora le lipsesc variațiile genetice responsabile pentru aceste caractere adaptative sunt uciși, mor prin înfometare sau dispar treptat sub presiunea mediului înconjurător.

neuron Celulă eucariotă capabilă să reacționeze la stimulare și să transmită impulsurile electrochimice.

neutron O particulă subatomică neutră din punct de vedere electric ce se găsește în nucleele tuturor *atomilor*, cu excepția hidrogenului. În nucleele ușoare, configurația stabilă este formată din neutroni și protoni în cantități aproape egale, dar pe măsură ce elementele devin tot mai grele neutronii depășesc numeric *protonii*. Deși un neutron este stabil în interiorul unui nucleu, un neutron liber are o perioadă de înjumătățire de aproximativ 15 minute, după care se dezintegrează, producând un *proton*, un *electron* și un antineutrino.

noetic Care ține de sau își are originea în *minte*.

număr atomic Numărul protonilor dintr-un *atom*, notat cu litera Z; este numărul care determină natura *elementului* și care îl distinge de alte elemente.

om Singura specie care posedă *conștiință reflexivă*.

omogen Care are o compoziție și o structură uniforme. Un univers omogen este la fel în fiecare punct.

ontogeneză (sau ontogenie) Apariția și dezvoltarea individului de la starea de embrion la cea de adult.

ontologie Subramură a *metafizicii* care investighează ceea ce există.

orizont vizual Conform modelului Big Bang, nu putem vedea în urmă decât până la momentul decuplării materiei de radiația electromagnetică – despre care în acest moment se estimează că s-a întâmplat la aproximativ 380.000 de ani după Big Bang –, pentru că, înainte de acest moment, fotonii erau risipiți de continua interacțiune cu plasma originară, făcând universul opac.

orizontul particulei Nu putem fi influențați cauzal de, nu putem obține informații despre – și, prin urmare, nu putem detecta – nici un fel de particulă, fie cu masă pozitivă, fie cu masă zero, care se află la o distanță mai mare de noi decât cea pe care lumina a parcurs-o de când a început timpul.

ortogeneză Ipoteză potrivit căreia *evoluția biologică* are o direcție cauzată de forțe intrinseci; printre versiunile sale se numără perspectiva conform căreia adaptarea joacă de asemenea un rol semnificativ în evoluția speciilor, cea conform căreia adaptarea influențează numai variațiile din cadrul speciei și cea conform căreia această direcție demonstrează existența unui scop al evoluției biologice.

paradigmă Tiparul dominant al convingerilor și supozițiilor care în general nu sunt puse la îndoială într-o disciplină în care se efectuează cercetări științifice și în conformitate cu care se interpretează rezultatele.

parametru În știință, în general, o mărime dintr-o serie de factori măsurabili, precum temperatura și presiunea, ce definește un sistem și îi determină comportamentul: adesea, într-un experiment, unul dintre parametri este făcut să varieze, în vreme ce alții sunt menținuți constanți. În matematică, instrumentul preferat al fizicienilor teoreticieni, reprezintă o constantă într-o ecuație care variază în alte ecuații cu aceeași formă generală.

partenogeneză Dezvoltarea unui ovul într-un descendent fără fertilizarea ovulului de către un mascul.

peptidă Un lanț de doi sau mai mulți *aminoacizi* formați prin unirea chimică a grupării carboxil a unui aminoacid cu gruparea amino a altui aminoacid.

planetă Obiect cu o masă și un volum aproximativ constante care orbitează de obicei în jurul unei stele sau al rămășițelor unei stele și care are o forță gravitațională suficient de puternică pentru a căpăta o formă sferică sau aproape sferică, dar care nu are suficientă masă pentru a iniția procese de fuziune termonucleară și nu este satelitul unei alte planete. A atras planetezimalele și alte resturi din zona sa orbitală, iar pe unele dintre aceste obiecte cerești le poate menține în mișcare orbitală în jurul său sub forma unor sateliți sau a unor inele.

plasmă Fază a materiei formată dintr-un gaz ionizat alcătuit din nuclee de *atomi* (*ioni*) cu sarcină pozitivă și *electroni* liberi cu sarcină negativă, precum și din particule neutre, și care astfel nu are o sarcină netă generală; este conductoare din punct de vedere electric și este afectată de câmpurile magnetice.

plasmidă Moleculă circulară de *ADN*, uneori de *ARN*, care se află în citoplasma celor mai multe procariote și în mitocondriile unor eucariote. Plasmidele se înmulțesc independent de *cromozomul* unei celule.

pluralism Speculația sau credința că realitatea este alcătuită din mai multe elemente sau substanțe.

poliploidie Existența a mai mult de două seturi de cromozomi într-o celulă.

prana Energia vitală, puterea vieții; substratul esențial al tuturor formelor de energie.

principiul conservării energiei Energia nu poate fi nici creată, nici distrusă; energia totală a unui sistem izolat rămâne constantă, deși poate fi transformată dintr-o formă într-alta.

principiul creșterii entropiei În timpul oricărui proces dintr-un sistem izolat, entropia fie rămâne la același nivel, fie, cel mai adesea, crește, adică dezordinea crește, energia disponibilă scade, iar informația se pierde în timp pe măsură ce sistemul evoluează către o stare de echilibru.

principiul de excluziune al lui Pauli Doi *electroni* dintr-un *atom* sau dintr-o *moleculă* nu pot avea același număr cuantic. La un nivel mai general, două tipuri de fermioni (o clasă de particule care include *electronii*, *protonii* și *neutronii*) dintr-un sistem dat nu se pot afla în același timp în stări caracterizate de același număr cuantic.

principiul incertitudinii (Heisenberg) Un principiu al mecanicii cuantice care spune că, de fapt, cu cât suntem mai siguri de măsurarea poziției unui obiect, cu atât suntem mai puțin siguri în măsurarea vitezei lui din același moment. Acest principiu se aplică și de cazul măsurării energiei unui obiect la un moment anume. Pentru obiectele vizibile, produsul celor două incertitudini este atât de mic, încât poate fi considerat neglijabil. Totuși, pentru obiecte cu masa unui atom sau mai mică, precum un electron, incertitudinea este semnificativă.

principiu științific sau natural O *lege* despre care se consideră că este naturală și adevărată în mod universal. De exemplu, prima lege a termodinamicii se aplică la lucrul mecanic și la energia termică, pe când principiul conservării energiei se aplică tuturor formelor de energie.

procariot O celulă ce nu are materialul genetic închis în interiorul unei membrane.

proteină O moleculă alcătuită dintr-o catenă ce cuprinde de la 50 până la câteva mii de aminoacizi care asigură structura și controlează reacțiile tuturor celulelor. Proteina este caracterizată de o secvență formată din până la 20 de tipuri diferite de aminoacizi care alcătuiesc catena și configurația tridimensională a catenei.

proton Particulă subatomică stabilă ce poartă o sarcină electrică pozitivă și reprezintă nucleul unui atom de hidrogen. Protonii, alături de *neutroni* (care sunt ceva mai masivi), se regăsesc în nucleele tuturor atomilor, iar numărul protonilor definește elementul chimic.

psihologie Ramură a *științei* care investighează procesele mentale și comportamentele indivizilor și grupurilor.

raționament Încercare de a înțelege esența unui lucru printr-un proces logic, fie pe baza unor dovezi, fie pe baza unor supoziții considerate evidente.

reducționism Metodă prin care un lucru este descompus în părțile lui constitutive pentru a fi înțeles sau explicat; credința că orice lucru poate fi înțeles sau explicat prin studierea părților lui componente și a interacțiunilor dintre ele (compară cu *emergență*).

regulă O serie de coordonate în funcție de care oamenii de știință își desfășoară activitatea – nu este același lucru cu *legea*, de care ascultă fenomenele naturale (natura se supune legilor, iar oamenii de știință folosesc reguli).

religie Organizație înființată pentru a conserva, a interpreta, a aplica și, de obicei, a propaga revelațiile, credințele și îndemnurile unei persoane considerate fondatoare. Membrii organizației acceptă adevărul unor astfel de revelații și interpretări pe baza credinței. Organizațiile de acest fel asigură de regulă loialitatea și coeziunea propriilor membri prin trei mijloace principale: îndoctrinarea de la o vârstă fragedă; impunerea unor reguli a căror încălcare atrage de obicei pedepse; practicarea unor ritualuri ce pot aduce satisfacție emoțională.

retrodicție Rezultat care s-a produs în trecut și care este dedus sau prezis de o lege sau o teorie științifică ulterioară.

ribozom Particulă rotundă compusă din ARN și proteine, aflată în citoplasma celulelor. Servește ca loc de asamblare a proteinelor prin traducerea codului genetic liniar deținut de ARN-ul mesager într-o secvență liniară de aminoacizi.

scalar Cantitate precum masa, lungimea sau viteza, care este complet specificată prin mărimea sa și nu are nici o direcție.

schimbare de fază O schimbare semnificativă a comportamentului unei substanțe. De exemplu, dacă e încălzită până la 0º C, gheața trece în stare lichidă; dacă e încălzită până la 100º C, apa lichidă trece în stare gazoasă.

scientism Convingerea că știința, care aplică metodele științelor naturale, este singura cale de a ajunge la adevărata cunoaștere și înțelegere.

selecție naturală (darwiniană și neodarwiniană) Efectul cumulativ al unor variații mici și aleatorii moștenite de-a lungul mai multor generații care le permite organismelor să supraviețuiască mai mult timp într-un mediu înconjurător dat și să se reproducă în mai mare măsură decât organismele ce nu posedă aceste variații; rezultă o creștere a numărului indivizilor mai bine adaptați la mediul respectiv și eliminarea indivizilor neadaptați. Vezi și *darwinism*, *neodarwinism* și *ultradarwinism*.

simbiogeneză Unirea a două sau mai multe tipuri de organisme pentru a forma un nou tip de organism (vezi *endosimbioză*).

simbioză Asocierea fizică a două sau mai multe tipuri de organisme pe parcursul celei mai mari părți a vieții unuia dintre ele.

singularitate O regiune ipotetică în spațiu-timp unde forțele gravitaționale fac ca o masă finită să se comprime într-un volum infinit de mic și, prin urmare, să aibă o densitate infinită, și unde spațiul-timp devine infinit distorsionat.

sistem nervos Grup organizat de celule, numite *neuroni*, specializate în transmiterea electrochimică a stimulilor printr-o rețea nervoasă de la un receptor senzorial la un efector, la nivelul căruia se produce o reacție.

solstițiu Momentul (21 iunie sau 22 decembrie) în care Soarele se află în punctul cel mai nordic sau cel mai sudic față de ecuatorul ceresc al Pământului și pare să stea nemișcat înainte de a se întoarce spre ecuator. Cea mai lungă zi din an este la solstițiul de vară, iar cea mai scurtă, la solstițiul de iarnă.

specie Populație de organisme ale căror caractere ereditare definitorii și specifice perioadei adulte au suferit o modificare ireversibilă față de cele ale populației sau populațiilor din care a evoluat.

speculație O idee sau o concluzie bazată pe dovezi insuficiente; conjectură.

superstiție Credință care se află în contradicție cu dovezile sau care nu are o bază rațională și care apare de obicei dintr-o lipsă de înțelegere a fenomenelor naturale sau din teama de necunoscut.

știință Încercarea de a înțelege și de a explica fenomenele naturale folosind observații și experiemente sistematice, preferabil măsurabile, și făcând raționamente pe baza cunoștințelor obținute, pentru a deduce legi verificabile și a face predicții sau retrodicții.

științe fizice Ramuri ale științei care studiază fenomenele neînsufletite; includ *astronomia, fizica, chimia* și *științele Pământului.*

științe medicale Ramuri ale științei care sunt aplicate în vederea menținerii sănătății, prevenirii și tratării bolilor și vindecării leziunilor.

științele Pământului Ramuri ale *științei* care studiază originea, natura și comportamentul Pământului și părților sale componente, inclusiv interacțiunile dintre ele.

științele vieții Ramuri ale *științei* care studiază caracteristicile organismelor vii (precum plantele, animalele și oamenii) și relațiile dintre aceste caracteristici.

taxonomie Clasificarea ierarhică a organismelor în grupuri după caracteristicile pe care le au în comun, pornind de la cele mai generale și ajungând până la cele mai particulare.

tehnologie Inventarea, crearea și folosirea uneltelor sau mașinilor pentru a rezolva o problemă.

teorie Explicația unui ansamblu de fenomene care a fost confirmată printr-un număr de experimente sau observații independente și este folosită pentru a face predicții sau retrodicții riguroase cu privire la acest ansamblu de fenomene. Vezi, de asemenea, *ipoteză, model, lege* sau *principiu.*

teorie cuantică Teoria conform căreia energia este emisă și absorbită de materie în cantități mici, discrete, numite cuante, fiecare dintre ele fiind legată de frecvența de radiație a energiei și posedând astfel atât proprietăți de particulă, cât și proprietăți de undă. A dus la crearea mecanicii cuantice. Termenul este folosit azi în sens larg cu referire la toate dezvoltările teoretice ulterioare.

termodinamică, prima lege a ~ Creșterea energiei interne a unui sistem care folosește sau produce căldură este egală cu cantitatea de energie termică adăugată sistemului minus lucrul desfășurat de sistem în mediul său. Este o aplicație particulară a principiului conservării energiei.

termodinamică, a doua lege a ~ Căldura nu trece niciodată spontan de la un corp rece la un corp cald; energia trece mereu de la formele mai utilizabile la cele mai puțin utilizabile. Este o aplicație specifică a principiului creșterii entropiei.

timp Planck, t_p Timpul de care are nevoie lumina pentru a traversa o lungime Planck. Matematic, se exprimă astfel:
$t_p = \sqrt{(\hbar G/c^5)}$ și este de aproximativ 10^{-43} secunde.
(Vezi *unități Planck* pentru explicitarea simbolurilor.)

ultradarwinism Orice ipoteză care folosește ideea de evoluție prin selecție naturală a unor lucruri care nu sunt organisme și în cadrul căreia efectele cumulative produse de-a lungul mai multor generații de micile variații aleatorii ale caracteristicilor acelor lucruri (sau ale caracteristicilor cauzate de acele lucruri) le fac să fie din ce în ce mai bine adaptate pentru a concura în vederea supraviețuirii și reproducerii în propriul mediu înconjurător.

unități Planck Un sistem al scărilor absolute de măsurare, alese astfel încât constantele fizice universale au ca rezultat 1. Astfel:

$$G = c = k = \hbar = 1, \text{ unde}$$

G este constanta gravitațională a lui Newton, care măsoară intensitatea forței gravitaționale; c este viteza constantă a luminii; k este constanta lui Boltzmann, care măsoară entropia sau gradul de dezorganizare a unui sistem închis; $\hbar$ este constanta lui Planck, adică h, care măsoară scara fenomenelor cuantice, împărțit la 2π. Prin urmare, aceste constante dispar din ecuațiile matematice ale legilor fizice care folosesc aceste scări.

univers Toată materia și toată energia care există în dimensiunea temporală și în cele trei dimensiuni spațiale percepute de simțurile noastre.

univers observabil Partea din univers care conține materie detectabilă prin observație astronomică. Conform cosmologiei ortodoxe actuale, această parte este circumscrisă de viteza luminii și de timpul scurs de când materia și radiația s-au decuplat cam la 380.000 de ani după ce universul s-a format în urma Big Bangului.

Upanișade Texte ce conțin învățăturile unui mistic din India antică. De regulă se regăsesc la finalul uneia dintre *Vede*, dar se ocupă mai degrabă cu aspecte ce țin de realitatea ultimă decât de venerarea zeilor.

Veda Înțelepciune revelată; mai exact, fiecare dintre cele patru colecții care compun scripturile hinduse. Termen folosit de multe ori cu referire la prima și cea mai veche parte a fiecărei colecții, *samhita*, compusă din imnuri adresate zeilor.

viață Capacitatea unei entități închise de a reacționa la modificările ce se produc în sine și în mediul său înconjurător, pentru a extrage energie și materie din acel mediu și a transforma acea energie și acea materie într-o activitate determinată intern care include conservarea propriei existențe.

voință Folosirea *minții* pentru a lua decizii.

WIMP Weakly Interacting Massive Particles sunt particule rămase în urma Big Bangului, precum neutrinii, care au de o sută de ori masa unui proton, și altele – preferate de fizicienii particulelor pentru a explica *materia întunecată*. Vezi și *MACHO*.

CREDITELE ILUSTRAȚIILOR

Figurile 3.2 și 3.3, din *The Inflationary Universe*, © 1997 Alan Guth, cu permisiunea autorului.
Figura 4.1, NASA.
Figura 5.1, din *A Brief History of Time*, © 1988 Stephen Hawking, cu permisiunea Writers House LLC, în numele autorului.
Figura 5.2, din *Facts and Speculations in Cosmology*, © Jayant Narlikar și Geoffrey Burbidge 2008, cu permisiunea lui Jayant Narlikar.
Figura 5.3, cu permisiunea lui Paul Steinhardt.
Figura 8.1, din *The Inflationary Universe*, © 1997 Alan Guth, cu permisiunea autorului.
Figura 8.2, NASA.
Figura 8.3, European Southern Observatory.
Figurile 8.4, 9.1 și 9.2, NASA.
Figura 9.3, cu permisiunea International Union of Pure & Applied Chemistry.
Figura 10.1, NASA.
Figura 12.2, Dna-Dennis.
Figura 12.3, din *Environmental Science: Earth as a Living Planet*, Daniel D. Botkin, Edward A. Keller (Media Support Disk), © 1999 by John Wiley and Sons Inc., cu permisiunea editorului.
Figura 12.4, NASA.
Figura 12.5, reprodusă cu permisiune după un desen original de Stephen Nelson.
Figurile 12.6, 12.7 și 12.8, The United States Geological Survey.
Figura 14.1, cu permisiunea lui Norman Pace.
Figura 14.2, Mariana Ruiz Villarreal.
Figura 14.3, The National Human Genome Research Institute.
Figura 14.4, adaptată după un desen original de Yassine Mrabet.
Figura 14.5, Yassine Mrabet.
Figurile 15.1 și 15.2, din *At Home in the Universe*, © 1995 Stuart Kauffman; figuri © 1993 Oxford University Press, reproduse cu permisiunea Oxford University Press.
Figura 16.1, John Gould.
Figurile 17.1 și 17.2, din *The Crucible of Creation*, © 1998 Simon Conway Morris, cu permisiunea autorului și a Oxford University Press.
Figura 17.3, © John Hands, digitalizată de Kevin Mansfield.
Figura 17.5, din http://web.neomed.edu/web/anatomy/Pakicetid.html.

Figura 17.6, din http://web.neomed.edu/web/anatomy/Pakicetid.html; illustrație de Carl Buell.
Figura 17.7, cu permisiunea Encyclopædia Britannica Inc., © 2011.
Figura 18.1, Trevor Bounford.
Figura 19.1, Mediran.
Figura 20.1, © John Hands.
Figura 20.2, cu permisiunea lui Douglas L. Theobald.
Figura 23.1, © John Hands.
Figura 23.2, Kathryn Delisle, reprodusă cu permisiunea lui Lynn Margulis.
Figura 24.1, adaptată după un desen de Quasar Jarosz.
Figura 24.2, © John Hands, reprodusă de Trevor Bounford.
Figura 24.3, reprodusă de Trevor Bounford după originalul lui William Tietien.
Figura 24.5, adaptată cu permisiunea website-ului HOPES, Stanford University, https://www.stanford.edu/group/hopes/cgi-bin/wordpress/?p=3787.
Figura 24.6, cu permisiunea http://brainmuseum.org/ and https://www.msu.edu, US National Science Foundation.
Figura 26.1, © John Hands.
Figura 26.2, cu permisiunea Encyclopædia Britannica Inc., © 2013.
Figura 27.1, © John Hands.
Figura 28.1, Klem.
Figurile 28.2, 29.1, 29.2, 31.1 și 31.2, © John Hands. Figura 31.1 reprodusă digital de Kevin Mansfield. Figura 31.2 reprodusă digital de Fakenham Prepress Solutions.

Acolo unde nu se menționează permisiunile, fotografia este liberă de drepturi de autor. S-au făcut toate eforturile pentru găsirea deținătorilor de drepturi de autor, iar autorul și editura vor face rectificările necesare în edițiile viitoare ale cărții, în cazul în care le vor fi aduse la cunoștință eventuale omisiuni.

Numerele de pagină scrise cu *italice* se referă la tabele și la ilustrații.

abiogeneză, 302
abundența elementelor, 58–59, 148
aché, populația, 538
acheulean, unelte din, 519
acid ribonucleic *vezi* ARN
acidofile, 258
acidofile de peșteră, 258–259
acid dezoxiribonucleic *vezi* ADN
acoperișul mezencefalului, 470, *471*
acreție, 212–214, 222
adaptare evolutivă, 610, 631
Adevăruri Nobile, Cele Patru, 574
ADN, 264–266, *266*, 329–331, 375; bacterii, 261–262, *397*, 459; perechi de baze, 267, *378*; secvență de baze, 266; ~ și definirea vieții, 249, 250; ~ și gene, 330, 376–377, 403; homeostază, 422; ~ uman, 619; ~ deșeu, 377, 407, 448, 487; ~ mitocondrial, 510–511, 515, 518; plasmidă, 269; procariote, 262, 266, 271–272; mecanism de reparare, 459; ~ sintetic, 249; transfer, 367–368
ADN deșeu, 377, 407–408, 448, 487
ADN mitocondrial, 510–511, 515, 518
Africa, specii de animale, 363; artă rupestră, 524; modificări climatice, 529–530; Egipt, 546–547, 552, 556–557, 594; *Homo sapiens* în ~, 527, 528; migrație din, 528, 529–530; ipoteza originii africane recente, 511, 528; valea Riftului, 529–530; unelte, 520
Agar, William, 436
agresivitate, dualitatea naturii umane, 645, 677; primate, 387, 512, 620; reducerea ~, 633–636, 645
agricultură, 542, 627; China, 549–550; Egipt, 546; dovezi ale ~, 549; subcontinentul indian, 548, 550; Orientul Mijlociu, 544, 545
ajutor reciproc, 321–325, 388, 442, 451–452, 457, 637
akashic, câmp, 242
Akhenaton, 557
Akilia, insula, 257
albedo, 223
alchimie, 601, 604
alelă dominantă, 326
alele, 326–327
alele recesive, 326
alopoliploidie, 367
altruism, 386, 677; definiție, 442; comportament uman, 440, 442; ~ bazat pe înrudire, 439–441; ~ „reciproc", 442, 445–446, 492
altruism bazat pe înrudire, 439–442
altruism reciproc, 441–442, 492; dovezi empirice ale ~, 445–446
Amenhotep IV, 557

aminoacizi, 267–269, *268*, 427, 483; apariția vieții pe Pământ, 294; analiza genetică, 392; legătură peptidică, *268*, 274; ~ și replicatorii primordiali, 273–277; ~ în supa primordială, 274
analiză genetică, 333, 392–394; strămoș comun, 262–264, 483; apariția vieții, 262–264, 482; strămoșii omului, 510, 515–516; procariote, 260–264
Anaxagoras, 571
Anaximandru, 584
Andy, O.J., 475
animale, 363, *398*, 673; comportament, 388, 444, 460–464, 620; fosile, 356–359, *357*; comportament asemănător celui uman, 619–624; hibridizare, 366; antrenare, 462
animism, 540
antimaterie, 66–67, 145
antropic, principiul, 284–287, 296
antropic, universul, 130–132, 134, 136, 284–287
apariția materiei, 41–45, 195–200, 672; creația din nimic, 72–75; ortodoxia actuală *vezi* teoria Big Bangului; particule elementare, 56–57, 67, 144–145; elemente grele, 43; elemente ușoare, 42–43, 58–59; evenimentul de creare a materiei (ECM), 86–87; mituri ale originilor, 29–40; peisajul de posibilități al teoriei corzilor, 98–99
apariția omului, 532–533, 673–674; cauze, 529–530, 625; caracteristici definitorii, 501–505; explicații ale ~, 527–528; primele urme de *Homo sapiens*, 518–526; dovezi insuficiente, 532, 533; conștiința reflexivă, 504–505, 526, 532; emergența sistemelor, 532, 626
apariția vieții, 270–272, 295–296, 482–484, 672–673; principiul antropic, 284–287, 295; strămoș comun, 262–264, 282; teoria emergenței, 294–295; dovezi ale ~, 255–272, 482–483; explicații ale ~, 273–296; origine extraterestră, 278–280, 296; extremofile, 258–260; teorie eronată, 663; dovezi fosile, 255–258, 483; analize genetice, 260–263, 483; proiectul inteligent, 281–283, 296; replicator primordial, 273–278; emergență cuantică, 287–290, 294; complexitate autoorganizată, 290–293, 295; cea mai simplă celulă, 264–270; *vezi și* viață
apă, pe Pământ, 208, 220, 222; esențială pentru viață, 204–205
apeiron, 569
arbori filogenetici, 391–395, *391*, *395*
arche, 569
Ardipithecus kadabba, 514
Ardipithecus ramidus, 513, 530
arhee, *261*, 262, *397*; comportament, 459; gene, 457; simbiogeneză, 453, 457
arheoastronomie, 555
Arhimede, 584
Aristotel, 239, 297–298, 579–580, 595
ARN, 265, 267; autoreplicant, 275–276, 295
ARN autoreplicant, 275–276, 295
Arnhem Land, platoul, 524
Arp, Halton, 110–112
artă, 522–525, 529
Ashtekar, Abhay, 85
asteroizi, și extincții, 260, 349–352; și viața de pe Pământ, 482; moleculele organice de pe ~, 178, 198, 222
astrobiologie, 477
astronomie, 629; evoluția ~, 596–597, 602–603; bazele ~, 553–555, 563–564; măsurători, 106–108; suprimarea teoriilor alternative, 45, 89, 664–665; progrese tehnologice, 598, 602
atmosferă, 208–209, 219–220, 222; compoziție, 207, 223, 236; oxigenare, *343*, 344; primordială, 273–274
atomi, 43, 141; tipuri de legături, 176–177; structura cristalină, 177; evoluția ~, 176; formarea ~, 172–173; în filozofia greacă, 571; în corpul uman, 166; pe Pământul nou format, 483; ~ și interacțiunea tare, 142
Australia, primii oameni, 522; microfosile, 256
Australopithecus afarensis (Lucy), 501, 508, 514
Australopithecus, *508*, 514
Australopithecus sediba, 514
autopoieză, 251
autopoliploidie, 367
Avicenna, 595, 605
Axelrod, Robert, 443
axon, 465, *466*

Ayala, Francisco José, 354–355, 365, 392, 422
ayurveda, 595

babilonieni, astronomie, 555; apariția medicinii, 594; matematica, 553–554; mituri despre origini, 31, 37
bacterii, 261–262, *397*; selecția artificială, 365; comportament, 381–382, 459; colaborare, 381–382; comunicare, 381; definiție, 261; ADN, 261, *397*, 459; transferul de gene, 367; gene, 456; și oxigenul ~, 342; reproducere, 262, 337; simbiogeneză, 453–455, 457
Ball, Philip, 249
barioni, 86, 144; decuplare, 155; densitate, 59
Barrow, John, 164, 284–286
Begun, David J., 424
Behe, Michael, 282, 419
Berger, Lee, 514
Biblie, 33–34, 298, 559, 572, 583
Big Bang *versus* teoria universului staționar, 42–45; *vezi și* teoria Big Bangului
Big Bangul fierbinte, 55, 61, 143–150
Big Bounce, 81
Big Crunch, 77, 81–82, 162,
biochimie, 295, 375
biogeografie, 300, 310–312, 363–364
biologi evoluționiști, 456, 478–482
biologia sistemică, 433–434
biologie moleculară, 329–333
biosferă, 185, 209, 221–226
biostrat, 203, 484, 673
bipedalism, 501, 529–530
Biserica Romano-Catolică, 44, 583, 643
Biston betularia, 370–371
Blakemore, Colin, 609
Blombos, peștera, 520
Bohm, David, 241, 616
Bohr, interpretare, 120
bonobo, 511–512
bosoni, 56–57, 139; bosonul Higgs, 56, 146–147,153; particule mesager, 142–144, 146;
Bostrom, ecuația lui, 281
Bowler, James, 522
Boyd, Robert, 503
Boyle, Robert, 599
Brenner, Sydney, 433–434
bresle, 638
briciul lui Ockham *vezi* parcimonie
Broca, aria lui, 525
Brooks, Alison, 529
Brown, Kyle, 520
Brown, Peter, 517
Brunet, Michel, 513
Buddha, 574, 578
budism, 32–33, 574–576
budism mahayana, 575
budism theravada, 575
budism vajrayana, 576
Buffon, Georges Louis Leclerc, conte de, 299–300
Burbidge, Geoffrey, 44, 59, 112

Cairns-Smith, Graham, 277, 280
Calea Lactee, 150, *151*, 228
candele standard, 107
Cann, Rebecca, 510
Cannadine, David, 637
Capra, Fritjof, 250–251, 617
caracteristici dobândite, 408, 426, 436, 492
carbon, 177; datare, 211, 256–257, 509–510, 522; producție, 149, 168, 171–172
Cartea morților, 556
câmp de inflație, 61, 64, 74, 153
câmp gravitațional, 164, 189; energia în ~, 73, 97; ~ planetar, 205, 221, 222
câmp morfogenetic, 242–243, 435–436
câmp universal de creație (câmpul C), 85–86
câmpul C, 86–87
câmpuri holistice, 242–244
câmpuri morfice, 242–243, 435
ceas de 24 de ore, registru fosil, 341–342; evoluția omului, 589, 640, *641*
cefalizare, 470
celule, 264–270, 271
cercetarea, finanțarea, 102, 193, 664
cerebel, 470–472, *471*
CERN, 601, 603
Chauvet, Jean-Marie, 522
Chauvet, peștera, 522
chimie, 604–605
China, astronomie, 555; budism, 575–576; migrația lui *Homo erectus* către ~, 527; gândire filozofică, 238, 565–567, 577; gândire primitivă, 550; religie și credință, 558; evoluția așezărilor, 550; sistemul de scriere, 552

chintesență, 91
chiralitate, 268
Chomsky, Noam, 461
Cicero, 569
ciclu carbonat–silicat, 225
cimpanzei, 511–512, 620, 623
cinteze, 310–312, 372–373
cinteze din insulele Galápagos, 310–313, 373–374
civilizația Nilului, 546–547
civilizația Văii Indului, 549
cladistică, 391; arbori filogenetici, *261*, 391–395, *391*, *395*
clasificarea speciilor, 335; Aristotel, 297–298, 580; Charles Darwin, 309, 313–314; Linné, 298, *299*
cloroplaste, 325, 455–456
cod genetic, 329, 330
coeficientul de encefalizare, 474–475
coevoluția gene–cultură, 611, 631
colaborare, 322–324, 408–409, 451–457; bacterii, 381–382; păsări, 322–323; ~ *versus* competiție, 390, 452, 457; forțată, 390; gene, 383, 449; insecte, 322, 387; mamifere, 323–324, 387; migrație, 381; specii pluricelulare, 382; ajutor reciproc, 321–324, 388, 441–442, 451–452; ~ și neodarwinismul, 409; comportament necompetitiv, 439–446, 492–494; organe, 382; plante, 384; reproducere, 382, 383; ~ pentru supraviețuire, 463, 673; simbiogeneză, 324–325, 452–457; țesut, 382; specii unicelulare *vezi și* cooperare
colaps gravitațional, formarea găurilor negre, 83; evoluția stelelor, 150, 167–168, 230; formarea stelelor, 150, 158–159, 170
Coles, Peter, 63
colonii bacteriene, 343
colonii ierarhice, 385
comerț, Egipt, 547; primele urme la *Homo sapiens*, 521; civilizația Văii Indului, 549; sumerieni, 545
comete, 211; bacterii, 279; impact, 207, 220, 223; molecule organice pe ~, 222; originea vieții, 280, 296; apa pe Pământ, 220, 222
competiție, 388, 403, 486; evitare, 324, 451–452; versus colaborare, 389, 451, 457, 493; versus cooperare, 673, 676
complexificare progresivă, 409–417
complexitate autoorganizată, 429–431; apariția vieții, 290–293; sisteme vii, 250–251
complexitate ireductibilă, 282–283
comportament, 485, 609–611; agresiv *vezi* agresivitate; altruist *vezi* altruism; cooperant *vezi* colaborare; și conștiința, 458–465; reacție directă, 460, 621; dovezi ale evoluției biologice, 380–390; evoluție, 458–465; convergență evolutivă, 427; gene, 382–383, 446–450; uman *vezi* comportamentul uman; asemănător oamenilor, 619–624; înnăscut, 461; inovator, 464, 622–623; instinctiv, 386, 389, 461, 621; asocieri dintre specii, 388–389; învățat, 387–388, 390, 436–437, 462, 621; specii pluricelulare, 382–388, 459–465; și selecția naturală, 438–439, 442, 450; noncompetitiv, 439–446, 492–496; reacția la stimuli, 380; gena egoistă, 446–449, 493; social, 463–464, 622; specii unicelulare, 381–382, 459; *vezi și* conștiință; sociobiologie
comportament inovator, 464
comportament instinctiv, 389, 461, 621
comportament înnăscut, 460–461
comportament învățat, 387, 436, 462, 622
comportament parazitar, 388
comportament social, 463–464
comportament uman, 609–611; agresivitate, 632–637, 645; altruism, 439–440, 442–443; Charles Darwin despre ~, 438–439, 451; înnăscut, 461; învățat, 462–463, 621; instruire filozofică, 675; unicitate, 621–624
comportamentul speciilor pluricelulare, 382–389, 459–464
comunicare, 381, 464; și cooperare, 443–444; globală, 642; limbaj, 525–526, 620; parapsihică, 659; progrese tehnologice, 630, 642; dezvoltarea scrierii, 526, 551–553
comunicare globală, 642
concepte sociale, 668
conceptul de specie biologică, 335–338
condiționare operantă, 462
constanta Lambda, 42, 61, 70, 71, 131, 661
conștiință reflexivă, 504–505, 526, 531;

apariție, 674, 475; dovezi, 504–505, 627; evoluție *vezi* gândire filozofică, gândire primitivă, gândire științifică; unicitatea omului, 504, 618, 623, 673; dezvoltarea cortexului prefrontal, 668
convergență evolutivă, 426–428
Coran, 32, 33
cordate, *398*
cortex cerebral, *471*, 472
cosmologia branei, 92–98, *95*
cosmologia plasmei, 199–200
cosmologia stării cvasistaționare (CSCS), 85–89, 130, 161, 196
Coyne, Jerry, 331–332, 404; despre lucrarea lui Kettlewell, 370; despre Margulis, 456; speciație, 336–337
creație din nimic, 31–32, 72–75
creaționism, 298, 371, 479, 480; și lacunele din registrul fosil, 345
credință, și arta rupestră, 522, 523; și interpretarea datelor, 113, 114; evoluția ~, 556–559, 560, 627; și știință, 40, 194, 283, 480; superstițioasă, 38, 561, 589, 599, 676
creier, 468–476; dimensiune și inteligență, 473–475, *vezi și* sistem nervos
creier anterior, 470, *471*
creier posterior, 470, *471*
creștinism, 126, 281, 583; și știință, 283–284, 298
cromozomi, 266, *378*; duplicarea genomului, 424; mitoză, 453; poliploidie, 367, 405; procariote, 266–267, 271; transpozoni, 376
cromozomul Y al lui Adam, 511
crustă oceanică, 215–216, 218
cuarci, 142, 144–145
cuasari, 110–111, 157
cultul strămoșilor, 542, 559
cultură umană, 503, 505
cunoaștere empirică, 614–615, 630
cunoaștere, diseminare, 598, 599–602; empirică, 614–616; limitări, 670

Darwin, Charles, contribuție la teoria evoluției biologice, 307–308; corespondența, 304–305; *Descent of Man*, 308, 316, 451; descendență cu modificări, 308–312; dovezi ale evoluției, 308–312; cinteze, 310–312, 372–374; despre comportamentul uman, 439, 451; și Lamarck, 316; selecție naturală, 309, 313–314, 319; *Originea speciilor*, 307–310, 313–314, 317; originalitatea ideilor, 306–308; problemele ipotezelor, 318; publicații, 308, 313–316; promovare, 316–318; speciație, 314; clasificarea speciilor, 309; supraviețuirea celui mai adaptat, 316
Darwin, Erasmus, 300
darwinism, 306, 308–319; definiție, 319; dovezi, 308–312; și Lamarck, 316; selecție naturală, 313–314, 404, 485; probleme ale ~, 318–319; promovare, 316–318; selecție sexuală, 315–316; speciație, 314; supraviețuirea celui mai adaptat, 316; *vezi și* evoluție biologică, neodarwinism, ultradarwinism
Darwinius masillae, 341
datare cu radiocarbon, 212, 257, 509–510
datare prin rezonanță electronică de spin, 510
datare radiometrică, 212, 509–510
datare relativă, 509
Davies, Paul, 186, 187, 189, 246, 248, 249
Dawkins, Richard, 283, 345, 421, 446–450
Deaner, Robert, 473
Declarația Drepturilor Omului, 636
decoerență cuantică, 288
de Maillet, Benoît, 299
Democrit, 571
denisovani, 517–518
deplasare spre roșu, 42, 57–58; interpretarea datelor, 109–113; cuasari, 110–113; supernovă de tip 1a, 109
derivă genetică, 328
Derricourt, Robin, 507
Descartes, René, 607
descendența omului, 391–396, 505–506, *506*; evoluția comportamentului, 460–465; comportament inovator, 464; evoluția sistemului nervos, 468–475; apariția conștiinței, 465–475; taxonomie, 395–396; *vezi și* strămoșii omului
descendență cu modificări, 308–312, 318
descoperiri întâmplătoare, 44, 593
detectarea cvorumului, 381
determinism neurogenetic, 657
deuteriu, 58–59, 147–148, *148*, 149, 220
dezintegrare radioactivă, 139
dezintegrarea protonilor, 145

dicyemide, 414
diferențiere morfologică, 385
dilema prizonierului, 443–444
dilema prizonierului iterată, 444
dinozauri, 348, 351
dioxid de carbon, 220, 225
diploidie, 424
distorsiuni spațiu-timp, 46, *47*
divergență evolutivă, 391–392, 393
Dobzhansky, Theodosius, 328, 417, 423
domeniu științific, 649–650, 666–667
dorsală a oceanului, 215, *216*
Drake, ecuația, 227
Drake, Frank, 226
Dresda, Codexul din, 553
dualitatea naturii umane, 645, 677
Dumnezeu, 126, 239, 583; și creația, 32, 34, 281, 284; necesitate politică și culturală, 37; și gândirea științifică, 40, 126, 676
duplicarea întregului genom, 424–425, 432, 495

E. coli (*Escherichia coli*), 365, 416
Easwaran, Eknath, 564
echilibru punctat, 412–413, 421, 488
economie *vezi* parcimonie
ecotipuri, 372
ecuații de câmp ale relativității generale, 42, 46, 661
efect de seră, 223, 224–225
Egipt, apariția medicinii, 594; gândire primitivă, 546–547; religie și credință, 556–557; evoluția așezărilor, 546–547; sistemul de scriere, 551–552
ego-antropocentrism, 618
Eimer, Theodor, 320
Einstein, Albert, 39, 51, 593; ecuațiile de câmp ale lui ~, 42, 45–46; teoria relativității generale, 42, 45–46, 118–119; Manifestul Russell–Einstein, 635; teoria relativității restrânse, 46, 181, 182
Eisenhower, Dwight, 635
Eldredge, Niles, 353–355, 420–421
electroni, 43, 172–173; captare, 149, 172; legătură chimică, 176; răcirea universului, 149; interacțiune electromagnetică, 141; apariție, 66; masă, 57, 174; calități asemănătoare particulelor, 120, 141, 173; și principiul de excluziune al lui Pauli, 173–174; în stele, 168; expulzarea de către supernove, 158, 170, 172, 179; calități asemănătoare undelor, 120, 141, 173; și interacțiunea slabă, 143
elemente, 148*n*, 174, *175*; esențiale vieții, 203–205, 222; formare, 131, 147–148, 166–172, *169*; grele, 43; la oameni, 170; ușoare, 43, 44, 58–59, 90; abundență relativă, 58–59, 148
Ellis, George, 63, 71, 116, 189, 669; despre entropia gravitațională, 189; despre limitările științei, 137
embriologie, și dezvoltare, 310, 364–365, 407
emergența sistemelor, 245, 246, 532
emergență slabă, 245–246
emergență tare, 245
emisferă cerebrală, *471*, 472
Empedocle, 570
endosimbioză, 452, 455
energie, conservare, 96, 180–183; întunecată, 69–72; în câmpuri gravitaționale, 73, 97; necesară vieții pe Pământ, 206, 223, 224; parapsihică, 655–660; solară, 223, 225;
energie întunecată, 69–71, 183, 196
energie netă zero, 72–75
energie parapsihică, 655–660
energie vitală *vezi* vitalism
entropie, 184–191, *187*; definiție, 184; *vezi și* principiul creșterii entropiei
enzime, 269
Epicur, 581
epigenetică, 425–426
epistemologie, 586
Epoca Axială, 571
Epoca Găurilor Negre, 163
estetică, 127, 586
etică, 586, 590, 629
etologie, 380–381
eucariote, 262; comportament, 459–464; evoluție, 456–457; fosile, 339, 343, 359; transfer orizontal de gene, 367, 379, 406, 457; în linia descendentă a omului, *397*, *398*; specii, 334, 339; simbiogeneză, 453–455
Eukarya, *261*, 262, *397*, 456
Europa, astronomie, 553, 554, 563–564, 596–597; picturi rupestre, 522–525;

migrația lui *Homo erectus* către, 527; migrația lui *Homo sapiens* către, 527–528; medicină, 595–596; monumente megalitice, 553; prelucrarea metalelor, 548; gândire filozofică, 238, 568–571; gândire primitivă, 547; religie și credință, 553; apariția științei, 596–599; evoluția așezărilor, 548, 638–639; sisteme de scriere, 551–552
Eva mitocondrială, 511, 663
eveniment de creare de materie (ECM), 86–87
evenimente fortuite, 411–412
evoluție, a credințelor, 556–559, 560, 627; caracteristică vieții, 247; definiție, 138, 297; a Pământului, 212–226, 232–234; și mediul înconjurător, 302, 369–372, 413, 415; a gândirii filozofice, 572–583; psihosocială, 645; regresivă, 414; a gândirii științifice, 599–614, 629; a stelelor, 167–169; *vezi și* evoluția biologică, evoluția materiei, evoluția omului
evoluția materiei, 197–200, 672; atomi, 176; Big Bang, 143–150; complexificare, 180–191; transformări ale energiei, 182–183; și creșterea entropiei, 186–191; la scară mare, 138–165; molecule, 178, 180; nucleele elementelor, 166–172; și legile științifice, 180–191; la scară mică, 166–179;
evoluția omului, 626–632; agresivitate, 632–637; competiție, 626; complexificare, 415, 642; convergență, 644; și cooperare, 627, 629, 637–640; ca proces cosmic, 670–678; dualitatea naturii umane, 645, 677; registrul fosil, 358, *359*; genetică, 534–535; globalizare, 640–642; hominizare, 645; noetică *vezi* gândire filozofică, gândire primitivă, gândire științifică; tipare, 645, *646*; fizică, 534; viteza schimbării, 640, *641*; progrese tehnologice, 627, 630; sub forma unui ceas de 24 de ore, 589, 640, *641*;
evoluție biologică, 484–491, 673; supoziții, 651–652; comportamentul speciilor vii, 380–390; cauze, 401–404; competiție *versus* colaborare, 389, 452, 456, 492–494; paradigma actuală, 331–333, 402–404, 485–486; contribuția lui Darwin, 308–319; omologia profundă, 426; dezvoltarea ideilor, 299–306; teoria emergenței, 428–429, 490; epigenetica, 425–426, 492; dovezi, 308–312, 484, *vezi* și fosile, specii vii; convergență evolutivă, 426–428; teorie deficitară, 663; cauzalitate formativă, 435–436; ipoteza Gaia, 434–435, 491; legile evoluției genomului, 431–432, 490; ereditatea, 326–327; proiect inteligent, 419–420; al speciilor vii *vezi* specii vii; biologie moleculară, 329–333; ajutor reciproc, 321–324, 388, 441–442, 451–452; inginerie genetică naturală, 432–433; selecție naturală *vezi* selecție naturală; teorie neutralistă, 423–424; ortogeneză, 319–320, 333; evoluție paralelă, 426, 427; arbori filogenetici, *261*, 391–395, *391*, *395*; echilibru punctat, 412, 420–421; complexitatea autoorganizată, 429–430; selecția sexuală, 315–316; sociobiologie, 438–450, 479–480; specie și speciație, 334–338, 484; selecție stabilizatoare, 422–423; ipoteza apariției bruște, 421–422; suprimarea teoriilor alternative, 455–456, 480, 664–665; supraviețuirea celui mai adaptat, 319; simbiogeneză, 324–325, 452–456; biologie sistemică, 433–434; sub forma unui ceas de 24 de ore, *342*; duplicarea întregului genom, 424–425; *vezi și* darwinism, neodarwinism
evoluție biologică, legi ale, 497
evoluție noetică, 675–676
evoluție paralelă, 426, 427, 489
evoluție psihosocială, 645
evoluție regresivă, 413–414
exoplanete, 231
expansiunea accelerată a universului, 69–72, 109–110
experiențe din apropierea morții (NDE), 656
experiență fetală, 36
experimente mentale, gândire primitivă, 539–542; despre qualia, 609
explozie cambriană, 344, 412
extincția în masă a speciilor, 349–352, *350*
extincția K-T, 351
extincția terminală, 349
extincție filetică, 349
extremofile, 258–260

fabricarea uneltelor, 416, 623
Fanelli, Daniele, 666
faună ediacarană, 468
fenotipuri, 407, 487
filozofie greacă, 578–581
filozofie greco-romană, 582
filozofie elenistică, 581–582
filozofie naturală, 586, 597, *600*
Fisher, Ronald, 327, 418
fisiune binară, 337
fizicalism, 609, 630
fizică, 125, 629; apariție, 597–598; evoluție, 603–604, 611–614, *612*; fizică teoretică, 611–613, 631–632
fizică teoretică, 611–613, 631–632
flagel, 270, 282
Fleagle, John, 518
Fleming, Alexander, 593
Flores, 517
fluctuații cuantice ale vidului, 73
fluctuațiile radiației cosmice de fond, 113–114, 153
flux genetic, 335
foc, folosire controlată a ~, 520, 543; folosit în procesul datării, 509
folkmote, 638
forme de viață pe Pământ, 235–236; formarea biosferei, 221–226; sisteme vii, 250–251; condiții necesare pentru, 203–206
forță electroslabă, 146, 613
forță slabă, 139
forțe fundamentale, 138–143, 611
forțe naturale, 36
fosile, animale, 356–358, *357*; evoluție biologică, 309, 359–360, 484; și darwinismul, 309; cele mai vechi, 341–345; eucariote, 339, 343, 360; dovezi ale apariției vieții, 255–258, 482; registrul fosil, 341–345, *357*, *359*, 484; fraude, 340–341, 665–666; evoluția omului, 358, *359*; strămoșii omului, 502, 507–508, 512–517; interpretare, 339–341, 653–654; nevertebrate, 344; lipsa de, 339, 483, 507; fosile vii, 355, 356; microfosile, 256; și neodarwinismul, 353–356; procariote, 255–258; extincții ale speciilor, 348–352; stază, 352–356, 422–423; speciație bruscă, 352–356; de tranziție, 345–348; sub forma unui ceas de 24 de ore, 341–342
fosile de tranziție, 345–346
fosile vii, 355, 356, 423
fotoni, orizont de contact, 51; răcirea universului, 43, 149; interacțiune electromagnetică, 142; univers în expansiune, 51, 143–144, 147, 149; teorie cuantică, 118*n*
FOXP2, gena, 525–526
Friedmann, Alexander, 47
Fumane, peștera, 522

galaxii, 150; și găurile negre, 111, 157, 228; formare, 149, 152, 154–156, 199; zonă locuibilă, 227–229; luminozitate, 68; masă, 67; care se susțin singure la nesfârșit, 162; tinere, 59
galaxii care se susțin singure la nesfârșit, 162
Galen, 595
Galileo Galilei, 597, 598
Gardner, Andy, 446
găuri negre, 163, 188; din centrul galaxiilor, 111, 157–158, 228; în apropierea găurilor negre, 86–87, 111; colapsul unei stele, 168
gândire filozofică, 587–591, 628–629, 676; în China, 238, 565–568, 577; definiția filozofiei, 563; apariție, 563–571, 587–589, *588*, 627–628; etică, 590; în Europa, 238, 568–571, 578–583; evoluție, 572–583, *588*, 589, 628; în India, 237–238, 564–565, 572–576; în Orientul Mijlociu, 571–572; raționament, 579–580, 584–585
gândire primitivă, 537, 559–561, 675; astronomie și matematică, 553–556; credință și religie, 556–559, 560, 627; America Centrală, 550–551; China, 549–550; Egipt, 546–547; Europa, 547–548; dovezi, 537–538, 544–551
gândire științifică, 629–632, 676; astronomie, 596, 602–603; chimie, 604–605; tendință convergentă, 612–613, *612*, 631, 677; științele Pământului, 605; apariție, 594–599, 629–630; evoluție, 599–613; științele vieții, 605–606; științe medicale, 594–596, 607, 614–615, 629; și miturile originilor, 39–40; științe fizice, 596–599, 602–603; fizică, 597–598, 603–604; psihologie, 607–611; ramificație, 599–601, *600*, 603;

rezultate, 613–617, 630; metodă științifică, 592–594; specializare, 615, 630–631, 677
Geißenklösterlen, peștera, 524
gemule, 318
gena genială, 450, 493
gena egoistă, 446–450, 493
gene, 265, 329–331; supoziții, 652; bacterii, 456–457; comportament, 382–383; colaborare, 382–383, 448; reglarea dezvoltării, 364, 407; și ADN, 330, 376–377, 403; dovezi ale evoluției, 376; gena genială, 450, 493; gene Hox, 407; umane, 503, 536, 620; gene săltărețe, 376; Mendel, 327; mutație, 329; genă Pax-6, 364, 427; gena egoistă, 446–450, 493
gene Hox, 407
gene săltărețe, 376
genom, dovezi ale evoluției biologice, 456–457; uman, 333, 378–379, 487, 619; neanderthalian, 503; ca o rețea, 429–430; duplicarea întregului ~, 424–425
genom uman, 333, 378, 487; unicitate, 621
genomică, 377–379, *378*
genotipuri, 407
Genyornis, 524
Geoffroy Saint-Hilaire, Étienne, 303
geologie, 214–219, 232–233
geosferă, 673, 678
gigantă roșie, 158
globalizare, 640–642
gluoni, 142
Gould, John, 312
Gould, Stephen Jay, 353, 411–412, 421–422; despre ipoteza genei egoiste, 448
gradualism, 352–356, 420–421, 481; apariția omului, 529; selecția naturală, 275, 318
Grant, Peter, 373–374
Grant, Robert Edmond, 303, 306, 307, 318
Grant, Rosemary, 373–374
gravitație cuantică, 85
gravitație cuantică cu bucle, 84–85
gravitoni, 102, 140
Greenpeace, 641
Guth, Alan, 55, 96, 152–153; despre inflația eternă, 79; conjectura inflației, 53; despre teoria inflației, 60, 62; energie netă zero, 73, 74
hadroni, 147
Haldane, J.B.S., 273, 418, 439
Hallucigenia sparsa, 339, *340*
Hamilton, William D., 439–440, 442, 443
Harrison, T.M., 219
Harvey, William, 596
Hauser, Marc, 445
Hawking, radiație, 163
Hawking, Stephen, 65, 74, 113; univers fără hotare, 76–78
Hawks, John, 534
Hengeveld, Rob, 428
Heraclit, 570
Heylighen, Francis, 409
hibridizare, 338, 366; poliploidă *vezi* poliploidie; ipoteza originii africane recente și ~, 528
hidrogen, *148*, 149
hidrosferă, 208, 219–220
Higgs, bosonul, 56, 146–147, 153
Higgs, câmpul, 153
Hilbert, David, 121–122
Hill, Kim, 538
hinduism, 572–573; mituri ale originilor, 29–30, 31–32
hipnotism, 659
Hippocrate, 595
hobit (*Homo floresiensis*), 517
Hohle Fels, peștera, 523
hominide, *399*
hominine, *399*, 513–514
Homo, genul, *399*, 515–518
Homo erectus, 517, 527, 528
Homo floresiensis (hobit), 517
Homo habilis, 515
Homo heidelbergensis, 530
Homo neanderthalensis, 515–516, 527–528
Homo rudolfensis, 515
Homo sapiens, *299*, *400*, 504, 625; în Africa, 527, 528; cele mai vechi urme, 518–526; în registrul fosil, 359, 508; încrucișare, 518, 528, 534; migrație, 527; neocortex, 475–476; capacitate de supraviețuire, 415, *vezi și* strămoșii oamenilor, oameni
Hooker, Joseph, 305
Hoyle, Fred, 283; panspermie direcționată, 279; ostracizat, 45, 665; nucelosinteză stelară, 59, 87, 171
Hubble, constanta, 57, 108
Hubble, Edwin, 42

Hurtado, Magdalena, 538–539
Hurum, Jorn, 340–341
Hutton, James, 300–301, 605
Huxley, Julian, 328, 333, 417, 644, 645
Huxley, Thomas, 321
Hymenoptera, 384–386

Ichthyolestes, 347–348, *347*
idealism, 616, 632
idei netestabile, 579
identitate genetică, 619
ierarhie socială, 537, 560, 627, 674–675; în Egiptul antic, 546; la cimpanzei, 512, 620; la civilizația Văii Indului, 549
Ieremia, 571, 572
Ierihon, 542, 544
imagistică cu raze X, 606
India, apariția medicinii, 595; gândire filozofică, 238, 564–565, 572–576; religie și credință, 557; *vezi și* civilizația Văii Indului
inflație, 145; haotică, 54, 79, 129; și radiația cosmică de fond (RCF), 62; eternă, 79; și formarea structurilor, 153
inginerie genetică, 607; naturală, 432, 491
inginerie genetică naturală, 432–433
insecte, comportament, 384–386; colaborare, 322, 384–386; eusocialitate, 427
insecte sociale, comportament, 322, 385; colaborare, 384–385
instinct, 561
inteligență, 324; și dimensiunea creierului, 473–474; definiție, 464; gene, 383; umană, 416; și sistemul nervos, 473–476; primate, 388, 464
inteligență cosmică transcendentă, 676
interacțiune electromagnetică, 131, 141, 611; forța electroslabă, 146, 613
interacțiune gravitațională, 140, 141; parametri cosmologici, 131–132; și materia neagră, 67–68, 155; Pământul și Luna, 221, 233, 234; și entropia, 188, 189; formarea galaxiilor, 152, 154, 155, 199; formarea planetelor, 212; distorsiunea spațiului-timp, 46, *47*
interacțiune slabă, 143
interacțiune tare, 142–143
interpretarea datelor, 108–117, 123, 196, 480; și credința, 113, 114; afirmații exagerate, 114–115; subiectivism, 652–653
intuiție, 590; antică, 238–239; artistică, 587; etică, 587; matematică, 587; și știința modernă, 242–244; mistică, 38, 587, 617; mituri ale originilor, 37; gândire filozofică, 584–585, 587; psihologică, 587; științifică, 587
intuiție artistică, 587
intuiție etică, 587
intuiție matematică, 587
intuiție mistică, 38, 587, 617
intuiție psihologică, 587
intuiție științifică, 587, 593
inversul efectului cuantic Zenon, 289
ipoteza apariției bruște, 421–422
ipoteza Gaia, 225, 434–435, 491
ipoteza impactului gigantic, 221, 232–234
ipoteza nebulară, 158–159, *159*; formarea planetelor, 212, 222, 231
ipoteza nebuloaselor stelare, 158–159, *159*; formarea planetelor, 211–212, 222, 230–231
ipoteza originii africane recente, 511, 527; cu hibridizare, 528
ipotezele câmpurilor, 241–244
Isaia, 559, 571, 572
Israel, 521, 522, 527
izolare geografică, 336–337
izotopi, 147*n*

încrucișare, 337–339, 518, 528; ecotipuri, 372
întrebări metafizice, 124–126, 669
învățare socială, 388, 390, 452

Jablonski, Nina, 530
jainism, 33, 573–574
James, William, 607
Jaspers, Karl, 571
Jerison, Harry, 474
Johanson, Donald, 501
Jolicoeur, Pierre, 475
Jones, Steve, 535

Kauffman, Stuart, 290–293, *291*, *292*
Keeley, Lawrence, 538
Kekulé, August, 593
Kepler, Johannes, 601
Kettlewell, Bernard, 369–371, 419, 663

ki, 238
Kimura, Motoo, 423
Klein, Richard, 528
Koonin, Eugene, 431–432
Koslowski, Peter, 448
Kropotkin, Piotr, 320–324, 332, 388, 451–452, 637
Kuhlenbeck, Hartwig, 474
Kunz, Martin, 71

Lahr, Marta Mirazón, 473
Laland, Kevin, 387, 388, 464
Lamarck, Jean-Baptiste, 301–303, 316, 319, 320
lamarckism, 301–303, 332, 426, 436
Langley, Charles H., 424
lanț proton-proton, 166
Laozi, 567
Lascaux, peștera, 522, 523
László, Ervin, 242
Lavoisier, Antoine, 604
Leakey, Richard, 339, 518
LeBlanc, Steven, 538
legătură ionică, 176
legătură metalică, 176–177
legătură peptidică, *268*, 274
legătură Van der Waals, 177
legături chimice, 176–177
lege științifică sau naturală, 181
legea interpretării datelor, 116–117, 341, 371, 653
legi ale evoluției genomului, 431–432
legi ale fizicii, 124–125
lentilă gravitațională, 156
Leptoni, 145, 146; *vezi și* electroni
Lerner, Eric, 89–90, 109
Lewin, Roger, 339
Lieu, Richard, 71, 115
lilieci vampiri, 445
limbaj, 525–526, 552–553
limitările metodelor, 654
limitările observației, 649–650
Linde, Andrei, 53, 54, 60, 96; inflație haotică, 78–79
Linné, Carl, 298
Linné, sistemul taxonomic al lui, 298, *299*
Lippershey, Hans, 598
litosferă, 214–219
logică, 586
Lorenz, Konrad, 380
Lovejoy, C. Owen, 513
Lovelock, James, 225, 434
Lucy (*Australopithecus afarensis*), 501, 507, 514
Lumea ARN, 275
Lună, 207, 219; formare, 221, 232–234
lungime Planck, 144
Lyell, Sir Charles, 304–305, 316

MACHOs (Massive Compact Halo Objects), 68
Maddox, John, 44, 64, 243–244
magnetosferă, 209, *210*, 213–214, 222
Magueijo, João, 79–80, 100, 115
Mahavira, 573
Majerus, Michael, 370–371
Malapa, peștera, 514
mamifere, *398*; creier, 470–472, *470*, 475–476; colaborare, 323–324, 387–388; evoluție, 345–347, *346*, *347*, 356–358; fosile, 356–358; hibridizare, 366–367
mamifere placentare, *359*
Manethon din Sebennytos, 546
Manifestul Russell–Einstein, 635
Marcus Aurelius, 582
maree, 234
Maresca, Bruno, 422
Margulis, Lynn, 434, 453–456, 665
marile teorii unificate (MTU), 67, 144–145
Marte, 232
masă, Pământ, 222; electroni, 57; estimare, 68; galaxii, 68; Planck, 86; ~ a unei planete pentru a permite viața, 205, 222; stele, 68
masă Planck, 85
matematică, 122, 125–126, 553–556
materialism, 239, 281, 609
materie, și antimaterie, 66–67, 145; creare, 66–67, 85–88, 143–144; întunecată, 67–68; apariție *vezi* apariția materiei; evoluție *vezi* evoluția materiei; cenușie, *471*, 472; raportul observat dintre materie și radiație, 66–67
materie cenușie, *471*, 472
materie întunecată, 67–68, 154–157, 196
Matthew, Patrick, 303, 307
Maya, civilizația, 550–551; astronomie, 555; religie și credință, 558;
Mayr, Ernst, 328, 335, 405, 416
măsurarea distanțelor, 106–107

McBrearty, Sally, 529, 530
McFadden, Johnjoe, 274, 276, 287–288; viața cuantică, 252–253
mecanică cuantică, 172–173, 677
Médecins Sans Frontières, 641
medicină alternativă, 240–241, 243
medicină chineză, 238, 240, 594
mediu înconjurător, schimbare, 412, 415; și evoluția, 302, 369–372, 415; modificări adaptative reversibile, 372, 486
megaliți, 547–548
megavers, 103, 135
Mehrgarh, 548
membrană plasmatică, 270
Mendel, Gregor, 326– 327
Mendel, legile lui ~, 327
Merejkovski, Konstantin, 324, 325, 452
Mesopotamia, 545–546
metafizică, 581, 586
metafore în miturile despre origini, 34
meta-univers, 126
meteoriți, 178, 222, 351
metilare, 425–426
metodologie deficitară, 663
Metrarabdotus, 354
Mexic, 550–551
mezencefal, 470, *471*
microfosile, 256
microlite, 520
migrație, 527–528
minte, 610, 657
mitocondrii, 325, 454, 456
mitoză, 453
Mittaz, Jonathan, 115
mituri ale originilor, 29–40; ou cosmogonic, 30; creație din nimic, 31–32; dovezi, 39; explicații, 33–37; nevoie politică și culturală, 37
moarte termică, 164
model inflaționar cu fluctuații cuantice al Big Bangului fierbinte, 670
model multiregional, 527
modele ale universului etern, 196; universul oscilant, 81, 130; inflația haotică, 54, 78–79, 130; universul ekpyrotic, 92–98, *95*, 130; gravitația cuantică cu bucle, 84–85; cosmologia plasmei, 89–90; cosmologia stării cvasistaționare (CSCS), 85–89
modelul inflaționar haotic, 54, 78–79, 129
modelul materiei întunecate reci, 155–157
modelul standard al fizicii particulelor, definiție, 56; crearea materiei, 66–67
modificări adaptative reversibile, 372, 486
mohism, 566
Mojzsis, Stephen, 219, 256–257
moleculă de apă, 204–205
molecule, metode de legare atomică, 176–177; structuri cristaline, 177; interacțiune electromagnetică, 141–142; entropie, 188; esențiale pentru viață, 203– 205, 483; evoluție, 178, 179; organice, 178, 179, 198, 222; origine terestră, 222; primordiale, 188, 296; autoreplicante, 273–278; în spațiu, 178, 198
molecule organice, 178, 179; în comete, 222; origine terestră, 222; în spațiu, 178, 198
molie de mesteacăn (*Biston betularia*), 369–372
monism, 608, 616
monoteism, 557, 558
morfogeneză, 435–436
morminte, egiptene, 546–547, 556; morminte cu pasaj, 548, 553
Morowitz, Harold, 294, 428–429
Morris, Desmond, 502
moștenire epigenetică, 425–426
moștenire nongenetică, 408
Motl, Luboš, 101
multivers, conjecturi despre, 103, 133, 136, 286
multivers cosmologic moderat, 134–135
multivers cosmologic slab, 81–84, 134
multivers cosmologic tare, 135–136
multivers cuantic, 133–134
mutații genetice, 332, 411

Naqada, populația, 546
Narlikar, Jayant, 85–89
Narmer, 546
natufieni, 544
natură, forțe fundamentale, 139–143; a matematicii, 125–126; a fizicii, 125; variații în ~, 309
natură umană, 610–611, 645, 677
Națiunile Unite, 635
neanderthalieni, 515–516, 517–518, 527–528; genom, 503

neocerebel, *471*, 472
neoconfucianism, 577
neocortex, *471*, 472, 475–476
neodarwinism, 327–328, 664; ideea de specie biologică, 335–339; puneri în discuție, 419–422; și colaborare, *vezi* colaborare, sociobiologie; dovezi contrarii, 664; paradigma evoluționistă actuală, 331–333, 402–404, 485–486; apărare, 422–424; definiție, 329; și psihologia evoluționistă, 631–632; incapacitate explicativă, 404–417, 486–487; dovezile fosile, 353–356; selecția naturală, 328, 401–404, 485–486; evoluția speciilor, 486; *vezi și* evoluție biologică, darwinism
Ness of Brodgar, 548
neuroni, 465–467; comportament, 609; conexiuni, *467*; creier uman, 473; structură, *466*
neuroni senzoriali, 466, 470
neuroplasticitate, 472
neuropsihologie, 608–609, 631
neurotransmițători, 466
neutroni, 43, 56
Newgrange, mormântul cu pasaj, 548, 553, 556
Newton, Isaac, 139, 140, 597, 601, 602
Noble, Denis, 433
nod Ranvier, 465, *466*
noosferă, 644
nucleoni, 139
nucleosinteză, 43, 131; teoria Big Bangului, 58–59, 148–149, *148*; stelară, 87, 149–150, 166–172
nucleosinteză stelară, 59, 87–88, 149–150, 166–172

oameni de știință, 615–616; și credința, 39–40, 193–194, 282, 479–480; cooperare, 599; creșterea specializării, 615; legea interpretării datelor, 653; comportamentul discutabil, 80, 89, 101, 456; *vezi și* suprimarea teoriilor alternative
obiecte cvasistelare (OCS), 110
oceane, 220
Ohno, Susumu, 424
om, *399–400*; atomi în ~, 166; comportament *vezi* comportament uman; creier, 472–473, *471*, 475–476; definiție, 504; caracteristici definitorii, 501–505; ADN, 619; compoziție elementară, 170; apariție *vezi* apariția omului, strămoșii omului; endosimbioză, 455; evoluție *vezi* evoluția omului; și creșterea complexității, 415; inteligență, 416, descendență *vezi* descendența omului; migrație, 528, 530; selecție naturală, 534–536; comparația cu neanderthalienii, 515–516; unicitate, 504, 618–624; *vezi și Homo sapiens*
Omega (parametru de densitate), 48, 52, 53, 67–68, 131
omologie profundă, 426
organe rudimentare, 310
organizații nonguvernamentale, 641–642
origine extraterestră a vieții, 278–280, 296
Originea speciilor, 307–310; biogeografie, 312; selecție naturală, 313–314; promovare, 316–318
originea universului, 41–45; *vezi și* teoria Big Bangului
orizont vizual, 106, 650
orizontul particulei, 106, 650
Orkney, insule, 548
Orr, H. Allen, 335, 336–338, 406
Orrorin tugenensis, 513
ortogeneză, 319–320, 332
Oued Djebbana, peștera, 521
Ovrut, Burt, 92

Pääbo, Svante, 517, 525
Pakicetus, 347
Pan paniscus (bonobo), 511–512
Pan troglodytes (cimpanzeu), 511–512
pangeneză, 318
panspermie, 278–279
panspermie direcționată, 279
paradoxurile lui Zenon, 571
parametri atomici, 174
parametri nucleari, 171–172
parametru pentru densitate (Omega), 48, 52–53, 67, 131
parcimonie, 94, 127–128, 136
Parmenide, 570
partenogeneză, 337
particule elementare, 56, 67, 144–145; și interacțiunile fundamentale, 138–143; materie primordială, 161, 164, 672; *vezi și* bosoni, electroni, leptoni, neutroni, fotoni, protoni

particule fundamentale *vezi* particule elementare
particule mesager, 141, 142, 143, 144, 145, 146
particule Planck, 85–86
Pavlov, Ivan, 462
Pax-6, gena, 364, 427
Pământ, 207–210; faza de acreție, 212–213; albedo, 223; atmosferă *vezi* atmosferă; înclinare axială, *208*, 234; biosferă, 185, 209, 221–226; condiții necesare vieții, 222, 235–236, 477, 482; nucleu, 213, 232; scoarță, 214–219, 232; datare, 211; surse de energie, 206, 223, 225; dovezi ale formării, 210–211; evoluție, 213–226; formare, 210–226, 232–236; ipoteza impactului gigantic, 221, 232–234; interacțiune gravitațională, 227; radiații nocive, 222; hidrosferă, 208, 219–220; impact cometar, 220, 222–223; structură internă, 208, *209*, 213, 214–215; manta, 214, 217–218, *217*; masă, 222; formarea Lunii, 221, 232–234; originea apei, 219–220, 222; plăci tectonice, 214–219, 232–233, 363–364; rotație, 233; văzut din spațiu, 640; este special?, 226–234; stabilitatea condițiilor, 224–225, interval de temperatură, 223–224
părinții lumii, 31, 36
păsări, 322–323, 372–373, 442, 623; cinteze, 310–311, 372–373
peisaj de posibilități, 98–99, 129
Penrose, Roger, 65, 78, 99, 125, 186, 188–189
peptide, 269; autoreplicante, 276, 287–290, 295
peptide autoreplicante, 276, 288–290, 295
percepție extrasenzorială (ESP), 658
Persinger, Michael, 658
Philosophie zoologique, 301–302
picturi rupestre, 522–523, 524
pili, 270
Pinker, Steven, 620, 634
Pitagora, 569–570
pitagoreici, 569–570
Planck, Max, 617
planete, impactul cu comete și meteoriți, 207; condiții necesare vieții, 203–207, 482; surse de energie, 206–207; exoplanete, 230–231; formare, 211–212; câmp gravitațional, 205, 221–222; radiații nocive, 207; masă esențială pentru existența vieții, 205, 222; condiții stabile, 207; temperatură, 206
planetezimale, 159, 212, 219–220
plante, 366–367, 384; registru fosil, 359
plasmă, 172
plasmid, 270
Platon, 578–579
Plotin, 582
pneuma, 238
poliploidie, 338, 367–368, 424; contrazice neodarwinismul, 405, 489
Potts, Rick, 531
prana, 238
prelucrarea metalelor, 543; China, 550; Egipt, 547; Europa, 548
Price, Derek de Solla, 613
Price, George, 440, 441
Price, Pat, 658
primate, *399*; agresivitate, 387, 511–512, 619–620; comportament, 387–388, 464, 619–620; creier, *471*, 472, 475–476; colaborare, 387; comportament asemănător omului, 620, 621–624; comportament inovator, 464; inteligență, 388; limbaj, 620–621
principiul antropic slab (PAS), 285
principiul antropic tare (PAT), 285
principiul creșterii entropiei, 183–184; contradicții, 184–191, 199; și evoluția materiei, 187–191; limitări, 655;
principiul de excluziune al lui Pauli, 173–174, 179; echivalent biologic, 294–296, 430
principiul incertitudinii, 649–650
problema orizontului, 51
procariote, 255, 272, 334; comportament, 459; perete celular, 269–270; cromozomi, 266–267; citoplasmă, 269; ADN, 262, 266–267; părți externe, 270; extremofile, 258–260; fosile, 255–258; funcționare, 264–269; transfer de gene, 367, 379, 406; analiză genetică, 260–264; plasmidă, 269; formele proteinelor, 270; ribozom, 267; ARN, 265, 267; dimensiune, 264
progres evolutiv, 416–417
progrese tehnologice, 606, 630; astronomie, 598, 602; evoluția omului, 627,

630; științele vieții, 605–606; științe medicale, 607; gândire primitivă, 542–551, 626–627; gândire științifică, 598–603, 605–606
proiect inteligent, 281–285, 296
Proiectul „Genomul Uman", 377–378
proiectul Stargate, 658
proteine, 269, 295, 331, 483; și analiza genetică, 392; schimbare de formă, 270; sinteză, 267, 272
protoctiste, 453–454
protoni, 43, 56; interacțiune electromagnetică, 131; apariție, 66; univers în expansiune, 145, 148; nucleosinteza elementelor, 131, 166, 169; producere de ~, 147–148; raportul cu fotonii, 66; interacțiune tare, 142; raportul cu masa electronilor, 174; interacțiune slabă, 143
protoplanetă, 212
Protsch, Reiner, 341
pseudoextincție *vezi* extincție filetică
pseudoștiință, 243–244
psihokinezie, 656
psihologie, 607–611; evoluționistă, 610–611, 631, 652; neuropsihologie, 608–609, 631
psihologie evoluționistă, 610–611, 631, 652
psyché, 238, 239, 568, 569, 580
Pugwash, conferințe, 635

Qafzeh, peștera, 521
qi, 238
qualia, 609
Quinton, Anthony, 584

radiație, 66–67; nocivă pentru viață, 207, 222
Radin, Dean, 659
radiotelescop, 602
Ramachandran, V.S., 609
Ramapithecus, 508
Rasanen, Syksy, 71
rasă, 374, *400*, 534, 644
raționament, 628, 676; aristotelic, 580; gândire filozofică, 587–591, 628–629, 676
război, și conflict, 674–675, 677; artefacte, 538–539, 545–546; rata mortalității, 538–539, 633–634; vânători-culegători, 538, 633–634; conștiința publică, 634–635; și violul, 528; reducerea agresivității, 634–637; religioase, 633; reconstrucția așezărilor, 544–545; rămășițe osoase, 538, 546; dovezi scrise, 545, 549
reacție la stimuli, 247–248, 462, 465; pentru supraviețuire, 459, 461; *vezi și* sistem nervos
Reader, Simon, 388, 464
realitate fundamentală, 675; Brahman, 32, 39, 564; Dao, 32, 567; în filozofie, 563; metafizică, 586;
realitatea absolută, 35
realitatea lumii cuantice, 120–121
Reanney, Darryl, 36
reducționism, 244–245, 616, 630; limitări, 654
reiki, 240
reîncarnare, 569, 573, 575
relativitate generală *vezi* teoria relativității
relativitate restrânsă *vezi* teoria relativității
relaxină, 393
religie, dezvoltare, 556–559, 560, 627; Biserica Romano-Catolică, 44, 583, 643; și știința, 40, 283, 284, 676–677; și război, 633, 675; *vezi și* mituri ale originilor
Renfrew, Colin, 524
replicator de argilă, 277–278, 296
replicatorul piritelor de fier, 278
reproducere asexuată, 262, 337–338, 405–406
reproducere, asexuată, 262, 337, 405–406; transfer de gene, 327, 332, 338, 406; sexuată, 262, 487
reproducere sexuată, 262, 492
retroacțiune biotică, 225
retrodicție, 23
rețeaua vieții, 250–252
revoluție științifică, 598, 629; *vezi și* revoluție științifică, a doua
revoluție științifică, a doua, 603, 631, 632, 677
ribozime, 276
ribozom, 267, 271
Richerson, Peter, 503
Rig Veda, 29, 31

romani, 238, 554, 582
Röntgen, Wilhelm, 593
Roughgarden, Joan, 450
ruah, 238
Rubey, William, 219
ruperea simetriei, 56, 144, 145
Russell, Bertrand, 563–564, 569, 635
Rutherford, Ernest, 603

Sagan, Lynn, *vezi* Margulis, Lynn
Sahelanthropus tchadensis, 513
Sarma, D.S., 565
Scarpa, Riccardo, 156–157
schimbare de paradigmă, 193–194, 478, 481
Schopf, Bill, 256, 257
Schrödinger, Erwin, 39, 329, 617
Schwann, celule, 465, *466*
Schwartz, Jeffrey H., 394, 421
scolastică, 583
scriere glifică, 553
scris, 526, 551–552
selecție artificială, 365–366
selecție grupală, 438–439
selecție naturală, acceptare, 319; și comportament, 438–439, 442–443, 450; evoluție biologică, 313, 485; darwinism, 306, 308–319; definiții, 313–314, 404; dezvoltarea teoriei, 300–301, 303–304; dovezi în favoarea, 369–370; gradualism, 275; specia umană, 536; și creșterea complexității, 411, 420; neodarwinism, 327–328, 401–404, 485–486; autoreplicatori primordiali, 275–276, 289–290; ultradarwinism, 447; a universurilor, 81–84, 129, 134
selecție sexuală, 315–316
Shapiro, James, 432
Sheldon, Peter, 353
Sheldrake, Rupert, 242–243, 435–436
Shramana, 573–576
Shubin, Neil, 426
Siddhartha Gautama, 574–575, 578
simbiogeneză, 324–325, 452–457, 494
simbioză, 441–442, 452
simboluri, 516, 520–521, 548; scris, 526, 551–552
simetrie bilaterală, 468
Simplicius, 568–569
simplitate *vezi* parcimonie
Simpson, George Gaylord, 328, 414, 417
sinapse, 466
singularitate, 65
sinteză modernă, 328; *vezi și* neodarwinism
sistem nervos, 465–468; autonom, 470–472; central, 468–473; difuz, 468, *469*; evoluție și dezvoltare, 468–476; în descendența omului, 468–476; și inteligența, 473–476; neuroni *vezi* neuroni; periferic, 468–474; somatic, 470
sistem nervos central, 468–473
sistem nervos difuz, 468, *469*
sistem nervos periferic, 468–473
sistem solar, 158, 211–212, 220, 231
sisteme de clasificare, 309, 335; Aristotel, 297–298; Linné, 298, *299*
sisteme de guvernare, 638–639; China, 549–550; Egipt, 546–547; Europa medievală, 638; sumeriene, 545
sisteme de scriere, 551–552
Sivapithecus, 508
Skhul, peștera, 521, 522
Skinner, B.F., 462
Smith, Fred, 527
Smolin, Lee, 81–84, 101, 126, 135; definiție a vieții, 250
Soare, 24–25, 107, *151*, 229
Societatea Regală, 599
societăți umane, 676, 678
sociobiologie, 438–451, 479–480; comportamentele de bază, *443*; dovezi empirice, 445–446; teoria jocurilor, 442–445, 661; gena genială, 450, 493; selecție grupală, 438–439; valoare selectivă inclusivă, 439–441; altruism reciproc, 441–442, 492; gena egoistă, 446–450, 493; *vezi și* comportament
Socrate, 578–579
sparticulă, 102
speciație, 403, 404–405, 487; alopatrică, 336; evoluție biologică, 484–491, 673; colaborare, 457; Darwin despre ~, 314–315; definiție, 374; registru fosil, 353–356; imediată, 405; procariote, 457; bruscă, 352–356, 404–405
speciație alopatrică, 336–338
specie, 673; selecție artificială, 365–366; definiție, 374; ecotipuri, 373; distribuție geografică, 310–313, 363–364; stază

morfologică, 352–356; neodarwinism, 486; modificări reversibile, 365–366, 486
specie tetraploidă, 369, 424
specii unicelulare, comportament, 381–382, 459; colaborare, 381–382; *vezi și* procariote
specii vii, biochimie, 375; biogeografie, 363–364; modificările speciilor, 365–375; embriologie și dezvoltare, 364–365; dovezi ale evoluției biologice, 361–379; genetică, 375–377; genomică, 377–379, *378*; structuri omologe, 361–362, *362*; deducerea comportamentului homininilor pornind de la ~, 511–512; vestigii, 362–363, *vezi și* forme de viață pe Pământ
spirit (forță vitală), 540
spiritus, 238
Spoor, Fred, 514
Sproul, Barbara, 34–35
Stadel, peștera, 523
stază, 352–356, 422–423, 673; și neodarwinism, 404–405
stea neutronică, 168, 230
Stebbins, G. Ledyard, 422
Steinhardt, Paul, 54, 91–98, 153
stele, sinteza elementelor, 166–172; evoluție, 149–150, 167–169; colaps gravitațional, 149–150, 167–168, 230; luminozitate, 68; masă, 67–68; potrivite pentru dezvoltarea vieții, 229–230
Stephan, Heinz, 475
stoici, 582
Stonehenge, 468, 469, 553
Stoneking, Mark, 510
strămoș comun, 262–264, 267, *397*; din proiectul inteligent, 281–282; organe și dezvoltare, 310, 364; arbori filogenetici, 392, *395*
strămoș comun universal, 262–264, 375, *397*, 483
strămoșii omului, 505–519, *506*; comportament dedus pornind de la speciile actuale, 511–512; dovezi bazate pe datare, 515–517; metode de datare, 509–510; denisovani, 517–518; probleme ale dovezilor, 506–513; fosile, 502, 508, 513–514–517; analiză genetică, 510–511, 515–518; hobiți, 517; hominini, 513–515; genul *Homo*, 515–518; neanderthalieni, 503, 515–516, 518–519, 528; datare radiometrică, 510; datare relativă, 509 *vezi și* apariția omului, descendența omului
Stringer, Chris, 502, 510, 521, 527–528, 530
stromatolite, 342
structură, sisteme vii, 251; procariote, 264–269, *265*
structuri ale universului, 55, 130–131, 150–151, 165; cauze, 152–161, 199–200; evoluție viitoare, 161–165
structuri omologe, 361–362, *362*
subducție, 218
subiectivitate, 651–654
subspecie, 374
substrat bidimensional, 276–277
sumerieni, 545–546, 552–554
supercontinente, 218–219
supergigantă roșie, 168, *169*
supernovă, 109, 168
supernovă de tip 1a, 69, 109, 164, 661
superroiuri, 55, 152
supersimetrie, 99
superstiție, 38, 561, 589–590, 599, 676
supoziții simplificatoare, 46–47, 55, 651
supraviețuire, a celui mai adaptat, 315; autoconservare, 460; și interacțiunea socială, 463–464
suprimarea teoriilor alternative, 664–665; astronomie, 44–45, 89, 664–665; de către teoreticienii corzilor, 101, 664; cosmologie, 44–45, 71, 110–111, 114, 192; biologie evoluționistă, 456, 479–480, 665; geologie, 215–216; dificultăți în a publica, 80, 215, 453, 455–456, 664
suricate, 387
Susskind, Leonard, 98, 101, 116
Swann, Ingo, 658

șamanism, 541
școli de gândire, budistă, 574–576; filozofie chineză, 566–567, 577; filozofie greacă, 570–571, 579–582; filozofie indiană, 572–575
știință, 24, 592–594; și intuiția antică, 240–244; și credință, 40, 193–194, 283, 480; selecție părtinitoare a datelor, 662–663; descoperiri întâmplătoare,

44–45, 593; date, 651; *vezi și* interpretarea datelor; deficitară, 660–666; afirmații exagerate, 114–115, 661–662; metodologie deficitară, 663; fraudă, 341, 445, 665–666; instituționalizată, 665; limitări, 123, 666–669, 670–672; măsurători, 106–108, 649–650; metodă, 592–594; reducționism, 244–245, 616, 630; și religie, 39, 283, 284, 676–677; subiectivitate, 651; teorie, 654–655
științele fizice, 594; apariție, 596–599; evoluție, 602–605
științele medicale, 614–615, 629; apariție, 594–595; evoluție, 607
științele Pământului, 605
științele vieții, 594, 629; evoluție, 605–606

tabel periodic, 174, *175*
Taforalt, peștera, 521
talasemie, 416
Targ, Russell, 658
taxonomie, 298, *299*, 335; descendența omului, 395–396, *397–400*
tectonica plăcilor, 216–219, 232; și biogeografia, 363–364
tectum, 470, *471*
Tegmark, Max, 121, 125, 135–136
tehnologie, definiție, 592
Teilhard de Chardin, Pierre, 333, 644
telepatie, 658
telescop, 231, 598, 602; date ale telescopului Planck, 116
telescop reflector, 602
telescop refractor, 598, 602
Telescopul Hubble, 603
temperatură necesară vieții, 206, 223–226
teoria Big Bangului, 195, 670–671; teoria fundamentală, 54–59; energia întunecată, 69–71; materia întunecată, 67–68; dovezi, 57–59, 62–64; evoluția materiei, 143–150; supoziția omogenității, 46–48, 55; Big Bangul fierbinte, 54–55, 61, 143–150; inflația, 145; teoria inflației, 53–54, 60–64; supoziția izotropiei, 47, 55; nucleosinteză, 58–59, 148; raportul observat dintre materie și radiație, 66–67; probleme ale ~, 48–52, 65–74; testul rezonabilității, 129; relativa abundență, 58–59, 148; credibilitate, 54–57; supoziții simplificatoare, 46–47, 50, 651; singularitate, 65–66; baza teoretică a ~, 45–48
teoria corzilor, 92–103; fundament empiric, 102; inadecvare, 99–101; peisajul de posibilități, 98–99; teoria M, 92, 98, 100; probleme ale ~, 99–103; caracterul rezonabil al ~, 135; suprimarea teoriilor alternative, 664–665
teoria emergenței, 294–295, 428–429, 490
teoria inflației, 53–54
teoria jocurilor, 442–445, 661
teoria M, 92, 98, 99, 100
teoria relativității, 118–119, 651, 655; ecuații de câmp, 42, 46, 661; teoria relativității generale, 41–42, 45–46, 118–119, 140; teoria relativității restrânse, 39, 46, 181, 182
teoria tuturor lucrurilor, 99, 144
teoria universului staționar, 42; cosmologia stării cvasistaționare (CSCS), 85–89, 130, 161, 196
teorie, definiție, 24; deficitară, 663–664; limitări, 654–655
teorie cuantică, 84, 172–173, 632; caracter incomplet, 118; infiniți, 121–122; limitări, 655; și intuiția mistică, 616
teorie deficitară, 663–664
teorie neutralistă, 423–424
teorie ortodoxă, Big Bang *versus* teoria universului staționar, 42–45; evoluție biologică, 331–333, 402–404, 485–486; cosmologie *vezi* teoria Big Bangului; opinii contrare, 44–45, 101, 197, 480–481; geologie, 214, 232–233, 663; *vezi și* suprimarea teoriilor alternative
teorii holistice, 242–244, 491
termite, 322, 384
termodinamică, prima lege a, 181–182
termodinamică, a doua lege a, 183–184
termodinamică, a treia lege a, 186
termofile, 258–260
termofile de suprafață, 258
termofile suboceanice, 258
termofile subterane, 259–260
teste de vedere, 667
texte ebraice, 238, 559, 572
texte funerare, 556
Thales din Milet, 568
Theobald, Douglas, 263

Tian, 601
Tibet, 576
timp, imaginar, 76–78; măsurare, 598, 650; distorsiuni ale spațiului-timp, 46, *47*
timp Planck, 55, 146
Tinbergen, Niko, 380
Tipler, Frank, 284–286
Tirthankara, 573
Tolman, Richard, 81
tolteci, 551
Tomasello, Michael, 461
totemism, 540, 556
transducție, 367
transfer de gene, 367, 379, 406, 457
transfer orizontal de gene, 367, 378, 406, 457; și neodarwinismul, 406
transformism, 300, 302, 303
transpozoni, 376
tranziția de la viața nomadă la cea sedentară, 539–542, 626–627
tranziție de fază a rețelei, 292–293, *292*
Trinkaus, Erik, 527
Trivers, Robert, 441–442
trunchi cerebral, 472
Turok, Neil, 92–98

ultimul strămoș comun universal, 263
ultradarwinism, 447, 450; autoreplicatori, 273, 275, 289
unde gravitaționale, 63, 140
unelte, cimpanzei, 619, 623; ciori și gaițe, 623; fabricare, 416, 623; primele urme la *Homo sapiens*, 519–520; situri de neanderthalieni, 515–516, 517; de piatră, 509, 515, 516, 517
unelte de piatră, 509, 516, 517, 520–521
unelte din paleoliticul inferior, 519
unelte din paleoliticul superior, 520
uniformism, 306, 605
Uniunea Europeană, 636
univers, expansiune accelerată, 69–72, 109–110; vârstă, 29, 107–109; antropic, 130–133; oscilant, 81; închis, 47, 48, *49*, *50*; complexificare, 199–200; alcătuire, 69; răcire, 43, 143–150; creat de găurile negre, 81–84, 134; modele ciclice, 81, 92–98, *95*, 130; definiție, 103; ekpyrotic, 92–98, *95*, 130; entropie, 184–191; etern *vezi* modele ale universului etern; în expansiune, 42–43, 69–72, 109–110, 143–150, *vezi și* teoria inflației; plat, 47–48, *49*, *50*; formă, 130–136; fractal, 162; viitor, 161– 165, 189; geometrie, 47–48, *49*, *50*; moarte termică, 164; istorie, *70*, 143–150; omogenitate, 46–47; neomogenitate inițială, 152–153; izotrop, 46–47, 55, 85, 651; selecție naturală, 81–85, 129, 134; energie netă zero, 72–75; modelul universului fără hotare, 76–78; omnicentric, 46–47; origine, 42–45, 72–75, 129, *vezi și* teoria Big Bangului; participativ, 285–286; primordial, 197; dimensiuni spațiale, 132–133; static, 41–42
univers deschis, 47, *49*, *50*
univers ekpyrotic, 92–98, *95*, 130
univers izotrop, 46–47, 55, 85
univers fără hotare Hartle-Hawking, 76–78
univers fractal, 162
univers hiperbolic *vezi* univers deschis
univers închis, 47, *49*, *50*
univers observabil, 103
univers omnicentric, 46
univers omogen, 46–47, 50–51, 55
univers oscilant, 81, 130
univers plat, 48, *49*, *50*
univers sferic, *vezi* univers închis
universuri Friedmann, 47–48, *49*, *50*
Upanișade, 564–565; creație din nimic, 32; înțelegerea vieții, 237–238

valoare selectivă inclusivă, 439–440, 492
variație, 374–375
vânători-culegători, 512, 538–542, 626, 634
vârsta universului, 29, 107–108
Vede, 29–30, 31, 557
vedere de la distanță, 658
Venus, 233
vertebrate, *398*, 470–472
Vesalius, Andreas, 595
vestigii, 362–363
viață, 237–247, 477; vechi intuiții, 237–240; caracteristici ale ~, 246–247, 251–252; condiții necesare pentru ~, 203; definiții ale ~; origini *vezi* apariția vieții; definiție științifică ortodoxă, 244–246; explicație științifică, 240
viață cuantică, 252–253
viermi lați, 468, *469*

viruși, 249, 264–265, 279
vitalism, 238–240
viteză variabilă a luminii, 80
vocalizare, 463
vorbire, 525
vortexuri, 185

Wächtershäuser, Günter, 278
Wallace, Alfred Russel, 304–306
Wallin, Ivan, 325, 452
Watson, E.B., 219
Watson, James, 244, 330–331
Weakly Interacting Massive Particles (WIMP), 68, 155
Wegener, Alfred, 214–215
Wells, Jonathan, 419–420
Wells, William, 303, 306
West, Stuart, 446, 451
White, Tim, 513, 518
Wickramasinghe, Chandra, 279–280
Wilkinson Microwave Anisotropy, sonda, 653, 661–662
Wilkinson, Gerald S., 445
Williams, George C., 421, 439, 442
Williamson, Peter G., 405, 423
Wilson, Allan, 510
Wilson, David Sloan, 450
Wilson, Edward O., 128, 244, 293, 438, 446, 450, 479–480, 615
WIMP *vezi* Weakly Interacting Massive Particles (WIMP)
WMAP *vezi* Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP)
Woese, Carl, 260–261, 263, 333, 392
Woit, Peter, 101
Wolpoff, Milford, 527
World Wide Web (WWW), 601
Wright, Ned, 89, 109
Wright, Sewall, 327–328, 418
Wundt, Wilhelm, 607
Wynne-Edwards, Vero, 439
yin și *yang*, 567
zei, 30–32, 556–559, 627, 675; și creația, 30–32, 36–37; și fenomenele naturale, 284
zeul Soare, 556–557
Zhuangzi, 567
Zilhão, João, 516
zona locuibilă galactică (ZLG), 227–228
zonă locuibilă circumstelară (ZLC), 206, 229–230
zone locuibile, 206, 227–230
Zoroastru, 571